TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI
TS. PHẠM HỮU ĐỨC *(Chủ biên)*
ThS. NGUYỄN VĂN THỊNH - ThS. TRẦN HỮU DIỆN

THIẾT KẾ ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

LỜI NÓI ĐẦU

Những năm gần đây, tốc độ đô thị hoá ở Việt Nam đã được đẩy nhanh cùng với sự tăng trưởng mạnh của nền kinh tế nước nhà. Công tác quy hoạch xây dựng đô thị được chú trọng, nhiều khu đô thị mới được thiết kế, xây dựng. Để đáp ứng yêu cầu của thực tiễn, cũng như để phù hợp với mục tiêu đổi mới chương trình đào tạo của Nhà trường, bộ môn Giao thông Đô thị - trường Đại học Kiến trúc Hà Nội biên soạn ***Giáo trình thiết kế đường đô thị****.*

Cuốn giáo trình "Thiết kế đường đô thị" được biên soạn theo chương trình đào tạo Kỹ sư Đô thị ngành Hạ tầng Kỹ thuật, đồng thời là tài liệu tham khảo cho các chuyên ngành Quy hoạch đô thị, Cao học Kỹ thuật Hạ tầng Đô thị và các chuyên ngành có liên quan khác.

Giáo trình gồm 8 chương:

Chương 1: Những khái niệm cơ bản về đường đô thị.

Chương 2: Những yêu cầu cơ bản về giao thông đô thị.

Chương 3: Thiết kế mặt cắt ngang đường phố.

Chương 4: Chọn tuyến đường và thiết kế mặt bằng tuyến.

Chương 5: Thiết kế mặt cắt dọc đường.

Chương 6: Thiết kế nền đường và kết cấu áo đường.

Chương 7: Tính toán khối lượng công tác xây dựng đường.

Chương 8: Thiết kế các loại đường đặc biệt.

Phần thiết kế nút giao thông đã được trình bày trong cuốn "Quy hoạch mạng lưới giao thông đô thị" nên không đưa vào giáo trình này.

TS. Phạm Hữu Đức chủ biên và viết các chương 1, 2, 4 và 8.

ThS. Trần Hữu Diện viết các chương 3, 5 và 7. ThS. Nguyễn Văn Thịnh viết chương 6.

Trong quá trình biên soạn, chúng tôi đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp quý báu của Nhà giáo ưu tú Nguyễn Tất Dậu và các đồng nghiệp.

Nội dung giáo trình đã được giáo sư tiến sĩ Đỗ Bá Chương, giáo sư tiến sĩ Vũ Thị Vinh đọc, góp ý cho việc sửa chữa các sai sót.

Do điều kiện hạn chế nên chắc chắn cuốn sách còn nhiều thiếu sót. Chúng tôi rất mong bạn đọc góp ý phê bình để lần xuất bản sau có chất lượng tốt hơn.

Hà Nội, ngày 1-4-2005

Các tác giả

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

1.1. ĐỊNH NGHĨA ĐÔ THỊ VÀ ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

Để có khái niệm chính xác về đường đô thị, trước hết phải hiểu thế nào là đô thị. Đô thị là điểm dân cư tập trung, có vai trò thúc đẩy sự phát triển kinh tế, xã hội của một vùng lãnh thổ, có cơ sở hạ tầng đô thị thích hợp và dân cư nội thị không dưới 4.000 người (đối với miền núi là 2.000 người), với tỷ lệ lao động phi nông nghiệp trên 60%. Đô thị bao gồm: thành phố, thị xã, thị trấn. Trong đô thị có các khu vực mang những chức năng khác nhau như khu trong tâm, khu ở, khu công nghiệp, khu vui chơi giải trí v.v... Theo định nghĩa vừa nêu, một trong những điều kiện của đô thị là phải có hạ tầng cơ sở đô thị thích hợp. Hạ tầng đô thị bao gồm hạ tầng xã hội và hạ tầng kỹ thuật:

Hạ tầng xã hội gồm: nhà ở; các công trình phục vụ: công trình y tế, văn hoá, giáo dục, thể dục thể thao, thương nghiệp dịch vụ công cộng.

Hạ tầng kỹ thuật gồm: hệ thống giao thông; hệ thống thông tin liên lạc; hệ thống cung cấp năng lượng: điện, chất đốt, nhiệt sưởi ấm; hệ thống chiếu sáng công cộng; hệ thống cấp nước, hệ thống thoát nước; hệ thống quản lý chất thải, đảm bảo vệ sinh môi trường. Mạng lưới giao thông có mạng lưới đường thuộc hai hệ thống giao thông đối ngoại và hệ thống giao thông đô thị, là bộ phận quan trọng bậc nhất trong hạ tầng kỹ thuật đô thị.

- Hệ thống giao thông đối ngoại bao gồm những đường nối đô thị với các vùng phụ cận cũng như nối đô thị với các đô thị khác.

- Hệ thống giao thông đô thị bao gồm mạng lưới đường phố (đường trong đô thị hai bên có công trình nhà cửa), đường (đường trong đô thị hai bên không xây dựng nhà cửa, phục vụ mục đích vận tải là chính).

Về mặt thuật ngữ cũng cần phải phân biệt những tên gọi khác nhau cho hai loại đường này. Mặc dù cả hai loại đường đều phục vụ cho ô tô và người đi bộ, nhưng danh từ "đường ô tô" hay "đường bộ" chỉ dùng để chỉ đường ngoài đô thị. Đường trong đô thị được gọi bằng một tên chung là đường đô thị hay còn được gọi đường phố, đại lộ, phố.

Đường trong đô thị và đường ngoài đô thị có những đặc tính chung nhưng lại có nhiều đặc điểm và yêu cầu thiết kế riêng biệt. Thiết kế đường thuộc hệ thống giao thông đối ngoại được trình bày trong các giáo trình thiết kế đường ô tô.

Môn học "Thiết kế đường đô thị" nghiên cứu phương pháp thiết kế đường và các công trình trên đường thuộc hệ thống giao thông đô thị.

Khi thiết kế đường đô thị, trước hết cần phải biết loại đô thị cũng như cấp hạng đường đô thị, vì vậy cần phải nắm vững phân loại đô thị và phân cấp đường đô thị sẽ trình bày dưới đây.

1.2. PHÂN LOẠI ĐÔ THỊ THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

Theo Nghị định số 72/2001/NĐ-CP ngày 5/10/2001, đô thị nước ta được phân thành 6 loại theo bảng (bảng 1.1) tóm tắt dưới đây:

Bảng 1.1. Bảng tóm tắt phân loại đô thị

Loại đô thị	Đặc điểm	Dân số	Mật độ dân cư
Đô thị loại đặc biệt	- Là thủ đô hoặc đô thị với chức năng trung tâm chính trị, kinh tế văn hoá, khoa học - kỹ thuật, đào tạo, du lịch, dịch vụ, đầu mối giao thông, giao lưu trong nước và quốc tế - Có vai trò thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội của cả nước. - Có cơ sở hạ tầng được xây dựng về cơ bản đồng bộ và hoàn chỉnh	≥ 1,5triệu người. Tỉ lệ lao động phi nông nghiệp ≥ 90%	≥ 15.000 người/km^2
Đô thị loại I	- Là trung tâm chính trị, kinh tế, văn hoá, khoa học - kỹ thuật, du lịch, dịch vụ, đầu mối giao thông, giao lưu trong nước và quốc tế - Có vai trò thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của một vùng lãnh thổ liên tỉnh hoặc cả nước. - Cơ sở hạ tầng nhiều mặt được xây dựng đồng bộ và hoàn chỉnh.	≥ 50 vạn người. Tỉ lệ lao động phi nông nghiệp ≥ 85%	≥ 12.000 người/km^2
Đô thị loại II	- Là trung tâm chính trị, kinh tế, văn hoá, khoa học - kỹ thuật, du lịch, dịch vụ, đầu mối giao thông, giao lưu trong vùng tỉnh, vùng liên tỉnh hoặc cả nước - Có vai trò thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của một vùng lãnh thổ liên tỉnh hoặc một số lĩnh vực đối với cả nước - Cơ sở hạ tầng được xây dựng nhiều mặt tiến tới tương đối đồng bộ và hoàn chỉnh	≥ 25 vạn người. Tỉ lệ lao động phi nông nghiệp ≥ 80%	≥ 12.000 người/km^2

Bảng 1.1. (tiếp theo)

Loại đô thị	Đặc điểm	Dân số	Mật độ dân cư
Đô thị loại III	- Là trung tâm chính trị, kinh tế, văn hoá, khoa học - kỹ thuật, du lịch, dịch vụ, đầu mối giao thông, giao lưu trong tỉnh hoặc vùng liên tỉnh. - Có vai trò thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của một tỉnh hoặc một số lĩnh vực đối với vùng liên tỉnh - Cơ sở hạ tầng được xây dựng từng mặt đồng bộ và hoàn chỉnh.	≥ 10 vạn người. Tỉ lệ lao động phi nông nghiệp ≥ 75%	≥ 8.000 người/km^2 ≥ 8.000 người/km^2
Đô thị loại IV	- Là trung tâm tổng hợp hoặc chuyên ngành về chính trị, kinh tế, văn hoá, khoa học - kỹ thuật, du lịch, dịch vụ, đầu mối giao thông, giao lưu trong tỉnh. - Có vai trò thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của một tỉnh hoặc một vùng trong tỉnh - Cơ sở hạ tầng đã hoặc đang được xây dựng từng mặt đồng bộ và hoàn chỉnh.	≥ 5 vạn người. Tỉ lệ lao động phi nông nghiệp ≥ 70%	≥ 6.000 người/km^2
Đô thị loại V	- Là trung tâm tổng hợp hoặc chuyên ngành về chính trị, kinh tế, văn hoá, khoa học - kỹ thuật, du lịch, dịch vụ. - Có vai trò thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của một huyện hoặc một cụm xã - Cơ sở hạ tầng đang được xây dựng nhưng chưa đồng bộ.	≥ 4 nghìn người. Tỉ lệ lao động phi nông nghiệp ≥ 65%	≥ 2.000 người/km^2

Ghi chú:

- Đối với các đô thị ở miền núi, vùng cao, vùng sâu, vùng xa và hải đảo thì các tiêu chuẩn quy định cho từng loại đô thị có thể thấp hơn, nhưng phải đảm bảo mức tối thiểu bằng 70% mức tiêu chuẩn quy định.

- Đối với các đô thị có chức năng nghỉ mát, du lịch, điều dưỡng, các đô thị đào tạo thì tiêu chuẩn quy mô dân số thường trú có thể thấp hơn, nhưng phải đạt 70% so với mức quy định; riêng tiêu chuẩn mật độ dân số bình quân của các đô thị nghỉ mát, du lịch và điều dưỡng cho phép thấp hơn, nhưng tối thiểu phải đạt 50% so với mức quy định.

1.3. PHÂN CẤP ĐƯỜNG ĐÔ THỊ VÀ PHÂN CẤP ĐƯỜNG BỘ

1.3.1. Phân cấp đường đô thị

Hiện nay đường đô thị được phân loại theo tiêu chuẩn của ngành Xây dựng (bảng 1.2): Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4449-1987 (2000), Quy hoạch xây dựng đô thị - Tiêu chuẩn thiết kế, Tiêu chuẩn ngành 20 TCN-104-83 (2000), Tiêu chuẩn thiết kế đường và quảng trường đô thị.

Bảng 1.2. Bảng phân cấp hạng đường thành phố

Phân loại đường đô thị	Tính chất	Chức năng chính	Tốc độ tính toán (km/h)
Đường cấp đô thị	Đường phố chính cấp I	Giao thông liên hệ trong giới hạn đô thị giữa các khu nhà ở, khu công nghiệp và trung tâm công cộng, tổ chức giao nhau khác mức với các đường phố khác.	100
	Đường phố chính cấp II	Giao thông liên hệ trong giới hạn đô thị, giữa các khu nhà ở, khu công nghiệp và trung tâm công cộng tổ chức giao nhau với các đường phố khác cùng cao độ	80
Đường cấp khu vực	Đường phố khu vực	Giao thông liên hệ trong giới hạn khu nhà ở nối với đường cấp đô thị, giao nhau với các đường phố, đường khác cùng độ cao.	80
	Đường xe tải	Vận chuyển hàng hoá công nghiệp, vật liệu xây dựng ngoài khu công nghiệp và kho tàng bến bãi, giao nhau với các đường phố, đường khác cùng cao độ.	80
Đường cấp nội bộ	Đường phố khu nhà ở	Giao thông liên hệ giữa các tiểu khu nhóm nhà với đường phố khu vực (không có tuyến giao thông công cộng).	60
	Đường công nghiệp và kho tàng	Vận chuyển hàng công nghiệp và vật liệu xây dựng trong khu công nghiệp nối với các đường vận tải và các đường khác cùng cao độ.	60
	Ngõ phố	Liên hệ trong giới hạn tiểu khu	30
	Đường xe đạp	Liên hệ giữa nơi ở với chỗ làm việc trung tâm công cộng công viên v.v...	
	Đường đi bộ	Liên hệ giữa nơi ở, chỗ làm việc, trung tâm công cộng, công viên và bến giao thông công cộng.	

Trong Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô (Specification for road design) 22TCN-273-01, cũng có một bảng phân cấp đường đô thị (bảng 1.3).

Bảng 1.3. Bảng phân cấp hạng đường đô thị

Nguồn: TCN 273.01

Cấp đường	Lưu lượng giao thông (xe/ngày)	Phân loại theo chức năng	Phân loại kỹ thuật (km/h)
Đường cao tốc	50000 -70000	Để phục vụ giao thông tốc độ cao liên tục và thời gian hành trình ngắn giữa các khu vực chính của thành phố, giữa các thành phố và khu công nghiệp rộng lớn gần thành phố, giữa thành phố và sân bay, bến cảng.	80 - 100
Đường trục đô thị	20000 - 50000	Phục vụ giao thông trong thành phố, nối các trung tâm dân cư lớn, các khu công nghiệp lớn, các trung tâm thành phố, nhà ga xe lửa, cảng biển, sân vận động, và nối các đường quốc lộ ngoài đô thị.	60 - 80
Đường gom đô thị	10000 - 20000	Nối các khu nhà ở với trục giao thông đô thị.	40 - 60
Đường phố nội bộ địa phương	< 10000	Phục vụ giao thông giữa các quận của thành phố và nối các đường quận và đường ngoài quận	40 - 60

Bảng 1.3 nêu ra chỉ có tính chất để tham khảo. Hiện tại vẫn áp dụng bảng 1.2 trong thiết kế quy hoạch đô thị và thiết kế đường đô thị.

1.3.2. Phân cấp đường bộ

Để tiện tham khảo và so sánh khi thiết kế, phần này trình bày việc phân cấp đường bộ. Cần chú ý rằng đối với đường bộ có phân cấp quản lý và cấp kỹ thuật, hai cấp này có sự tương quan với nhau: cấp quản lý cao thì cấp kỹ thuật cũng cao. Nhưng do điều kiện địa hình ràng buộc nhiều đoạn tuyến đường có cấp quản lý cao vẫn phải áp dụng cấp kỹ thuật thấp hơn

Đường bộ được thiết kế theo tiêu chuẩn (Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô - TCVN 4054:1998). Đường cao tốc thì có tiêu chuẩn thiết kế riêng (TCVN 5729:1997).

Đưa vào chức năng của tuyến đường, TCVN 4054:1998 phân cấp đường ô tô thành bốn cấp kỹ thuật và năm cấp quản lý (bảng 1.4).

Bảng 1.4. Các cấp quản lý đường ôtô

Cấp quản lý	Cấp kỹ thuật	Tốc độ tính toán V_{tt}, km/h	Số làn xe yêu cầu	Chức năng chủ yếu của đường
I	Cấp 80 và 60	80 và 60	6	Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá lớn
II			4	
III			2	
IV	Cấp 60 và 40	60 và 40	2	Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá của địa phương với nhau và với đường trục ôtô hay đường cao tốc
V	Cấp 40 và 20	40 và 20	2 hoặc 1	Đường nối các điểm lập hàng, các khu dân cư

Đường ôtô về mặt kỹ thuật được phân thành các cấp theo quy định ở bảng 1.5.

Bảng 1.5. Các cấp kỹ thuật của đường ôtô

Cấp kỹ thuật	Tốc độ tính toán V_{tt}, km/h	Lưu lượng thiết kế tối thiểu, xcqđ/nđ
80	80	≥ 3000
60	60	≥ 900
40	40	≥ 150
20	20	< 150

Tốc độ tính toán trong bảng 1.5 là tốc độ được dùng để tính toán các chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu của đường trong trường hợp khó khăn.

Việc xác định các cấp kỹ thuật của đường căn cứ vào chức năng của mỗi con đường và vào địa hình của vùng đặt tuyến, vào lưu lượng xe thiết kế để tuyến đường có hiệu quả cao về kinh tế và tính phục vụ. Phải lập luận chứng kinh tế kỹ thuật để chọn cấp. Khi thiếu điều kiện có thể tham khảo các quy định trong bảng 1.5 và 1.6

Bảng 1.6. Lựa chọn cấp kỹ thuật theo chức năng và địa hình của đường

Chức năng của đường	Địa hình		
	Đồng bằng	Đồi	Núi
Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá lớn	80 ; 60	80 ; 60	60
Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá của địa phương với nhau và với đường trục ôtô và đường cao tốc	80 ; 60	60 ; 40	40 ; 20
Đường nối các điểm lập hàng, các khu dân cư	40	40 ; 20	20

Ghi chú: *Phân biệt địa hình được dựa trên cơ sở độ dốc ngang phổ biến như sau: Đồng bằng <10%; Đồi từ 10 đến 25%; Núi >25%.*

Khi thiết kế đường cao tốc phải áp dụng các tiêu chuẩn quy phạm thiết kế đường cao tốc. Đường cao tốc là đường chuyên dụng cho ô tô chạy với tốc độ cao. Mặc dù đường cao tốc là đường cho ô tô, nhưng do có những yêu cầu kỹ thuật đặc biệt nên khi thiết kế phải tuân theo những tiêu chuẩn riêng giành cho đường cao tốc. Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô cao tốc của Việt Nam là TCVN 5729: 1997. Tiêu chuẩn này định nghĩa đường cao tốc như sau:

Đường cao tốc là loại đường chuyên dùng cho ô tô chạy với các đặc điểm sau: tách riêng hai chiều (mỗi chiều tối thiểu phải có hai làn xe) ở mỗi chiều đều có bố trí làn dừng xe khẩn cấp; trên đường có bố trí đầy đủ trang thiết bị, các cơ sở phục vụ cho việc bảo đảm giao thông liên tục, tiện nghi và chỉ cho xe ra, vào ở các điểm nhất định.

Đường cao tốc có phân loại và phân cấp riêng. Theo TCVN 5729: 1997 thì đường cao tốc Việt Nam được chia làm hai loại:

Đường cao tốc loại A (Freeway): Phải bố trí nút giao khác mức ở tất cả các chỗ ra, vào đường cao tốc, ở mọi chỗ đường cao tốc gặp với đường sắt, đường ống và các loại đường khác (kể cả đường dân sinh).

Đường cao tốc loại B (Expressway): Cho phép bố trí nút giao thông bằng ở một số chỗ nói trên (trừ chỗ giao với đường sắt, đường ống, nếu trọng lượng của phương tiện giao thông tác dụng lên đường ống nhỏ và vốn đầu tư bị hạn chế; tuy nhiên, tại chỗ bố trí giao bằng này phải thiết kế các biện pháp đảm bảo ưu tiên cho giao thông trên đường cao tốc và đảm bảo an toàn giao thông tại chỗ giao nhau).

Cấp đường cao tốc: Căn cứ theo tốc độ tính toán, đường cao tốc chia làm 4 cấp:

Cấp 60 có tốc độ tính toán là 60 km/h

Cấp 80 có tốc độ tính toán là 80 km/h

Cấp 100 có tốc độ tính toán là 100 km/h

Cấp 120 có tốc độ tính toán là 120 km/h

Đường cao tốc loại A chỉ áp dụng các cấp 80, 100, 120 km/h; trong đó cấp 80 chỉ áp dụng cho địa hình khó khăn miền núi, cấp 100 áp dụng cho vùng đồi, cấp 120 áp dụng cho vùng đồng bằng.

1.4. SO SÁNH SỰ GIỐNG NHAU VÀ KHÁC NHAU GIỮA ĐƯỜNG ĐÔ THỊ VÀ ĐƯỜNG NGOÀI ĐÔ THỊ

Trong mục 1.1 đã trình bày đô thị có hệ thống giao thông đối ngoại và giao thông đô thị. Nói tới hệ thống giao thông một cách đầy đủ phải đề cập tới nhiều loại hình đường và phương tiện giao thông như giao thông hàng không, đường sắt đường bộ, đường thuỷ. Trong cuốn sách này chỉ trình bày những vấn đề về đường cho các phương tiện ô tô người xe máy, xe đạp, xe thô sơ đi lại. Cần phải phân biệt đường ngoài đô thị và đường đô thị (có thể hiểu là đường trong đô thị).

1.4.1. Những điểm giống nhau giữa đường bộ và đường đô thị

Sở dĩ đường bộ và đường đô thị có nhiều điểm giống nhau là vì:

- Cả hai đều nhằm phục vụ cho mục đích giao thông vận tải.

- Có cùng những phương tiện tham gia giao thông là ô tô, xe máy, xe đạp, các phương tiện giao thông khác và người đi bộ.

- Cùng sử dụng những vật liệu xây dựng như nhau.

Do những điểm giống nhau vừa nêu nên trong tiêu chuẩn thiết kế đường đô thị và thiết kế đường bộ có những điểm giống nhau. Có thể thấy những điểm giống nhau cơ bản của hai loại đường là những yếu tố hình học của phần đường xe chạy nhằm đảm bảo tốc độ và an toàn giao thông. Nhưng cũng do có những điểm giống nhau giữa hai loại đường này mà sinh ra nhiều sự nhầm lẫn đáng tiếc khi thiết kế đường đô thị. Nhiều người đã áp dụng thiết kế đường bộ vào đường đô thị, không để ý tới những điểm khác biệt giữa 2 loại đường này. Trong những năm 80 của thế kỷ XX nhiều đường phố ở thủ đô Hà Nội và các thành phố khác đã được thiết kế xây dựng mới và cải tạo theo kiểu đường bộ, điển hình là mang nhiều đất đá để tôn nền, mặt đường cao hơn nhiều so với cao độ trước đó của những đường phố này làm cho đường cao hơn khu đất xây dựng hai bên, gây ra nhiều khó khăn cho việc bố trí công trình ngầm cũng như thoát nước đô thị, dẫn tới tốn kém kinh phí đầu tư, mất đi vẻ đẹp của đường phố.

1.4.2. Những điểm khác nhau giữa đường bộ và đường đô thị

Ngoài những điểm giống nhau vừa nêu trên, đường đô thị và đường bộ có rất nhiều điểm khác nhau xuất phát từ yêu cầu sử dụng khác biệt:

- ***Đường ngoài đô thị***: có mục đích sử dụng chính là phục vụ giao thông vận tải, được thiết kế sao cho thoả mãn yêu cầu xe chạy với tốc độ cao, an toàn và êm thuận cho người tham gia giao thông.

- ***Đường đô thị***: ngoài mục đích phục vụ giao thông vận tải còn có những mục đích khác rất quan trọng. Dọc theo các đường phố được bố trí các công trình công cộng, nhà ở, các tiểu cảnh kiến trúc, và cây xanh. Vẻ đẹp của đường phố chính là sự kết hợp hài hoà giữa công trình và không gian đường phố. Đường đô thị phải tạo điều kiện cho con người cảm thụ được vẻ đẹp của đô thị.

Trong đô thị hệ thống hạ tầng kỹ thuật như hệ thống cấp nước, thoát nước, cấp điện, cấp khí đốt, thông tin liên lạc đều được bố trí ở dưới đường vì vậy ngoài chức năng giao thông đường đô thị còn là nơi đặt các hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị. Khác với các điểm dân cư nông thôn, trong các đô thị mật độ xây dựng thường khá cao, vì vậy đường phố có nhiệm vụ đảm bảo các điều kiện thông thoáng, chiếu sáng cũng như vệ sinh môi trường.

Đường đô thị có sự gắn bó với toàn bộ các hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị. Các mạng lưới hạ tầng kỹ thuật đô thị được nghiên cứu một cách đồng bộ trong giai đoạn quy hoạch xây dựng đô thị bao gồm:

- Quy hoạch mạng lưới giao thông đô thị.
- Quy hoạch san nền và thoát nước mưa đô thị.
- Quy hoạch thoát nước bẩn và vệ sinh môi trường đô thị.
- Quy hoạch mạng điện và cung cấp năng lượng đô thị.
- Quy hoạch mạng lưới thông tin liên lạc.

Người thiết kế đường đô thị cần phải tuân thủ các yếu tố khống chế trong quy hoạch mạng lưới hạ tầng kỹ thuật đô thị và làm thoả mãn các yêu cầu sử dụng đã được đặt ra đối với tuyến đường. Có nhiều điểm khác biệt giữa đường đô thị và đường bộ thể hiện ở các điểm chính sau:

1.4.2.1. Mặt cắt ngang đường

- Đường ngoài đô thị, mặt cắt ngang thường bao gồm phần đường xe chạy, dải phân cách, lề đường, rãnh thoát nước mưa. Ở những vị trí cần thiết, mặt cắt ngang đường có thể có phần hè cho người đi bộ, dải trồng cây. Như vậy mặt cắt ngang đường ngoài đô thị được thiết kế sao cho thoả mãn yêu cầu giao thông, đặc biệt là giao thông cơ giới.

- Đường đô thị, thông thường mặt cắt ngang gồm có phần đường xe cơ giới, đường dành cho xe thô sơ (có thể có hoặc sử dụng chung với đường xe cơ giới), hè cho người đi bộ (nhiều nơi còn có phần dành riêng cho xe lăn của người tàn tật), dải trồng cây xanh, các dải phân cách, có thể có đường sắt đô thị chạy trên cao, chạy ngầm, hoặc chạy cùng mức với đường phố, cột điện chiếu sáng và chuyển tải điện. Một bộ phận không thể thiếu trong mặt cắt ngang đường đô thị là các công trình đường dây đường ống nổi và ngầm. Mặt cắt ngang được thiết kế không chỉ nhằm thỏa mãn yêu cầu về giao thông đô thị mà còn phải thoả mãn các yêu cầu về kiến trúc cảnh quan đô thị cũng như yêu cầu bố trí hệ thống kỹ thuật hạ tầng khác của đô thị.

1.4.2.2. Mặt bằng tuyến đường và những ràng buộc của quy hoạch mạng lưới

- Đường ngoài đô thị, khi thiết kế tuyến, người thiết kế được chủ động lựa chọn vị trí tuyến sao cho đảm bảo yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật. Những yếu tố khống chế tuyến ít đặt ra, chủ yếu tại những vị trí đặc biệt.

- Đường đô thị, tuyến đường khi thiết kế thường đã được xác định trong quy hoạch xây dựng đô thị. Tuỳ theo các giai đoạn thiết kế quy hoạch xây dựng trước đó đã được phê duyệt, mà những khống chế về mặt bằng tuyến có khác nhau về mức độ chi tiết. Như vậy khi thiết kế tuyến đường đô thị cần phải tham khảo một cách kỹ lưỡng những

đồ án quy hoạch xây dựng đang được thực thi cũng như những bản vẽ của những tuyến đường khác có liên quan tới tuyến đường đang được nghiên cứu. Thông thường mặt bằng tuyến được khống chế tại những nút giao thông, những điểm chuyển hướng, những điểm giao với các tuyến đường khác.

1.4.2.3. Cao độ thiết kế tuyến đường và mối quan hệ giữa cao độ thiết kế với cao độ san nền trong quy hoạch xây dựng đô thị

- Đường ngoài đô thị, khi thiết kế mặt cắt dọc tuyến, những cao độ khống chế thường là những điểm giao với các tuyến đường khác. Người thiết kế được quyết định khi lựa chọn cao độ các điểm thiết kế trên mặt cắt dọc sao cho đảm bảo yêu cầu kinh tế kỹ thuật của tuyến đường. Thông thường cao độ của đường cao hơn cao độ của khu đất hai bên đường để đường thoát nước tốt, đảm bảo nền mặt đường ổn định.

- Đường đô thị, ở giai đoạn thiết kế mặt cắt dọc, cao độ thiết kế được khống chế bởi quy hoạch xây dựng đô thị. Thông thường các cao độ thiết kế cần phải lựa chọn cho phù hợp với cao độ trong quy hoạch san nền thoát nước đô thị. Trong trường hợp chưa có quy hoạch xây dựng chi tiết, người thiết kế đường được tự do lựa chọn cao độ thiết kế nhưng cần phải xem xét kỹ cao độ những tuyến đường khác (đã xây dựng hoặc đang được thiết kế) giao cắt với tuyến đường của mình thiết kế để có sự thống nhất về mặt cao độ. Cần đặc biệt lưu ý đường đô thị phải được thiết kế thoả mãn yêu cầu giao thông và yêu cầu xây dựng các khu xây dựng hai bên đường, vì vậy khi lựa chọn cao độ thiết kế đường phải thoả mãn các yêu cầu của cao độ nền khu đất xây dựng hai bên đường. Thông thường cao độ của đường thấp hơn cao độ của khu đất xây dựng hai bên, để tạo điều kiện tốt cho cảnh quan đô thị, cũng như thuận lợi cho việc bố trí công trình ngầm (đặc biệt là hệ thống thoát nước mưa và nước bẩn) cho đô thị.

1.4.2.4. Tổ hợp công trình ngầm trong đường đô thị

- Đường ngoài đô thị, cũng có thể có các công trình ngầm nhưng không nhiều, vì vậy việc bố trí các công trình đường dây đường ống ngầm không khó khăn.

- Đường đô thị, có rất nhiều loại công trình đường dây đường ống nổi và ngầm. Người thiết kế đường phải chịu trách nhiệm sắp xếp bố trí vị trí công trình ngầm và cung cấp thông tin cho các ngành kỹ thuật hạ tầng đô thị khác.

- Những công trình ngầm nằm trong nền đường đô thị khi tới các ngả giao nhau có thể có nhiều mâu thuẫn về mặt vị trí, các công trình có thể giao nhau một cách không hợp lý, hoặc gặp những đường hầm (Tonnel) cho người đi bộ hoặc cho xe cơ giới. Người thiết kế đường đô thị có trách nhiệm xử lý những mâu thuẫn này.

- Việc sắp xếp các công trình ngầm là cần thiết, nên yêu cầu phải tổ hợp các công trình ngầm trong thiết kế đường đô thị.

Chương 2
NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN VỀ GIAO THÔNG ĐÔ THỊ

2.1. NGUYÊN TẮC TỔ CHỨC XE CHẠY TRONG ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

Những nguyên tắc cơ bản để tổ chức xe chạy trên đường đô thị:

1. Tốc độ xe chạy trên đường không được vượt quá tốc độ quy định.

2. Xe chạy trên đường phải theo nguyên tắc tay phải. Khi xe chạy ngược chiều có tốc độ cao phải có dải phân cách.

3. Khi trên đường phố có nhiều làn xe chạy cùng chiều thì xe có tốc độ lớn chạy ở làn xe gần tim đường, xe có tốc độ nhỏ chạy gần vỉa hè. Xe điện bánh hơi chạy ở làn xe gần vỉa hè.

4. Nếu trên đường phố có nhiều xe thô sơ thì xe cơ giới chạy ở làn xe gần tim đường, xe thô sơ chỉ được phép chạy ở lần xe sát vỉa hè. Tốt nhất nên tổ chức dải phân cách giữa xe cơ giới và xe thô sơ.

5. Khi vượt xe sau phải vượt về phía bên trái của xe trước (trừ xe điện có đường ray). Đoạn đường vượt phải có đủ tầm nhìn và tốc độ xe vượt không được vượt quá tốc độ cho phép chạy trên đoạn đường đó.

6. Bộ hành qua đường phải đi theo đúng nơi quy định. Chỗ quy định này phải thể hiện màu sắc rõ ràng dễ thấy.

7. Khi phần đường xe chạy có từ hai làn đường xe chạy cùng chiều trở lên thì trước khi đến ngả giao nhau (khoảng 100m) cần có các vạch mũi tên chỉ hướng cho xe chạy đúng nguyên tắc quy định.

8. Cần có các tín hiệu giao thông, biển báo để hướng dẫn xe chạy theo đúng luật lệ giao thông và cách tổ chức giao thông trên đoạn đường ấy.

2.2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XE CHẠY TRÊN ĐƯỜNG

Khi xe chạy trên đường chịu nhiều yếu tố ảnh hưởng:

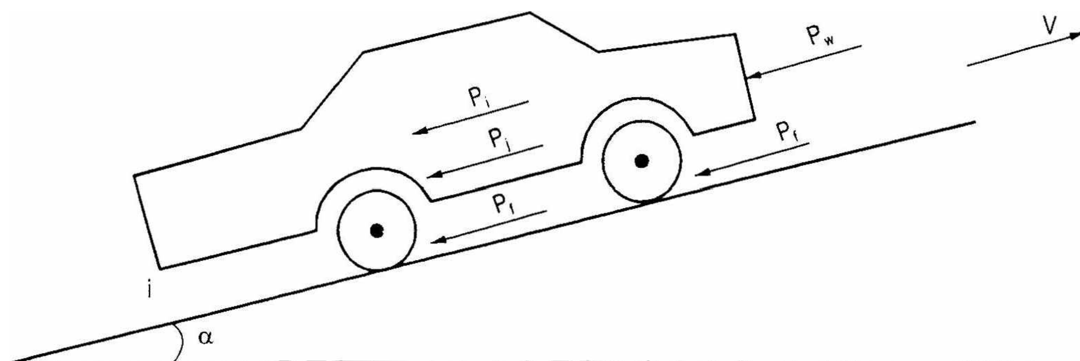
Mật độ xe, trạng thái mặt đường, các ngả giao nhau, khí hậu thời tiết. Chuyển động của xe là một chuyển động phức tạp: tịnh tiến, trượt, lăn trên đường thẳng, quay trên đường cong đứng, lượn trên đường cong nằm, dao động dọc ngang vì mặt đường không bằng phẳng. Tất cả các yếu tố đó hiện nay chưa tính toán được đầy đủ khi thiết kế

đường. Khi thiết kế đường người ta giả thiết xe chạy trên đường với điều kiện phát huy được tốc độ tối đa của nó với điều kiện đường bằng phẳng, ổn định không dao động, không bị xóc, mặt đường rắn không biến dạng...

Tính toán chuyển động của xe người ta tính toán tới các yếu tố sau:

2.2.1. Lực cản khi xe chạy

Khi xe chạy trên đường chịu nhiều lực cản (hình 2.1).



Hình 2.1: Sơ đồ các loại lực cản vào xe

- Lực cản lăn P_f
- Lực cản không khí P_W
- Lực cản lên dốc P_i
- Lực cản quán tính P_J

2.2.1.1. Lực cản lăn P_f

Khi xe chạy trên đường, lốp xe biến dạng, mặt đường không hoàn toàn phẳng, ma sát giữa đường và lốp xe, ma sát giữa các ổ trục của bánh xe khi xe chạy là những nguyên nhân gây ra lực cản lăn P_f. Coi xe là một chất điểm cơ học, chịu lực cản lăn có hướng ngược chiều chuyển động. Thực nghiệm cho thấy lực cản lăn tỷ lệ thuận với trọng lượng xe:

$$P_f = f.G \text{ (kG)} \tag{2.1}$$

Trong đó:

P_f - lực cản lăn, kG;

G - tải trọng tác dụng trên bánh xe, kG;

f - hệ số lực cản lăn, không thứ nguyên.

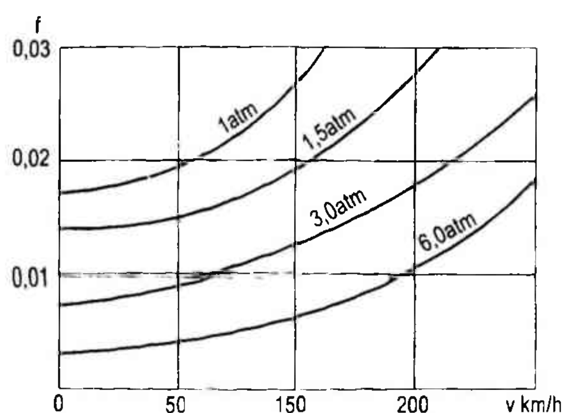
Hệ số lực cản lăn phụ thuộc vào độ cứng của lốp xe (áp suất hơi càng lớn hệ số f càng nhỏ) và phụ thuộc chủ yếu vào biến dạng của mặt đường (mặt đường càng tốt giá

trị của f càng nhỏ). Như vậy có thể coi hệ số cản lăn đặc trưng cho chất lượng mặt đường (xem bảng 2.1).

Bảng 2.1. Hệ số lực cản lăn trung bình

Loại mặt đường	Hệ số cản lăn f
Bê tông xi măng và bê tông nhựa	0,01-0,02
Đá dăm và sỏi cuội đen	0,02-0,025
Đá dăm trắng	0,03-0,05
Đường lát đá	0,04-0,05
Đường đất khô và bằng phẳng	0,04-0,05
Đường đất ẩm không bằng phẳng	0,07-0,15
Đường cát khô rời rạc	0,15-0,30

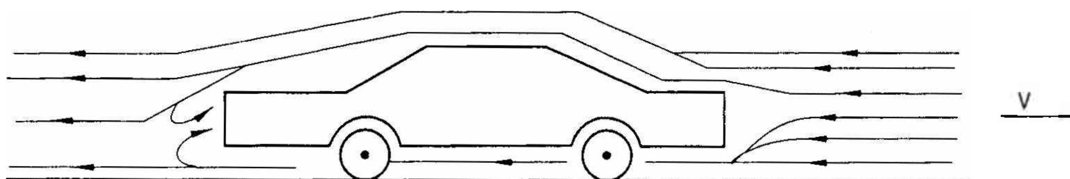
Khi tốc độ lớn: V>50km/h, lốp xe bị biến dạng, chưa kịp đàn hồi trở lại, tiếp tục bị biến dạng nữa, nên hệ số lực cản tăng cao theo tốc độ xe chạy. Khi thiết kế đường cao tốc và đường băng cho sân bay cần lưu ý tới vấn đề vừa nêu. Hình 2.2 cho giá trị của hệ số cản lăn f theo giá trị của tốc độ và áp lực hơi trong lốp xe.



***Hình 2.2.** Hệ số cản lăn phụ thuộc tốc độ xe chạy*

2.2.1.2. Lực cản không khí P_W

Khi xe chạy, khối khí phía trước xe ép xe, khối khí bên thành xe ma sát với xe, phía sau xe bị tạo ra vùng chân không hút xe lại, những yếu tố đó tạo ra lực cản không khí P_W (hình 2.3).



***Hình 2.3.** Những yếu tố tạo ra lực cản không khí*

Lực cản không khí tính theo công thức:

$$P_W = K.F.v^2 \text{ (kG)} \quad (2.2)$$

Trong đó:

P_W - lực cản không khí, kG;

K - hệ số cản của không khí, phụ thuộc mật độ không khí, hình dạng xe. Những loại xe có tốc độ cao thường được thiết kế theo dạng khí động học nhằm giảm bớt lực cản không khí. Theo thực nghiệm, trị số K được tính trong bảng 2.2.

v - tốc độ tương đối của xe, bao gồm cả tốc độ gió. Trong điều kiện bình thường coi tốc độ của gió = 0, nên v là tốc độ của ô tô, m/s.

F - diện tích choán gió - là diện tích hình chiếu của xe lên phương thẳng đứng với hướng xe chạy (tính gần đúng F = 0,8 B.H) có thể lấy F trong bảng 2.2.

Khi tốc độ xe chạy tính bằng km/h ta có công thức tính lực cản không khí:

$$P_W = K.F.V^2/13 \qquad (2.3)$$

Khi xe có kéo moóc, hệ số lực cản không khí tăng lên chừng 20% đến 25%, nhưng do xe chạy chậm nên lực cản không khí tăng không đáng kể.

Bảng 2.2. Trị số K và F

Loại xe	K ($kG.s^2/m^4$)	F (m^2)
Ôtô tải	0,05 ÷0,07	3÷6
Ôtô công cộng	0,025÷0,05	4÷6,5
Ôtô con	0,015÷0,03	1,5÷2,6
Ôtô đua	0,01÷0,015	1,5÷2,0

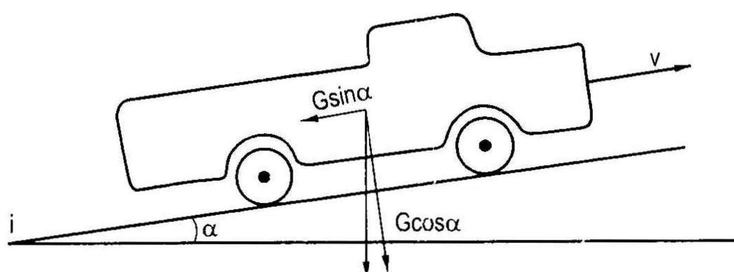
2.2.1.3. Lực cản leo dốc P_i

Khi leo dốc xe phải khắc phục một độ cao h trên một chặng đường dài *l*, với trọng lượng xe G (hình 2.4). Xe phải sản sinh ra thêm một công để leo dốc cao h trên một chiều dài *l*, lực cản leo dốc được tính theo công thức:

$$P_i = G.\sin\alpha \ (kG) \qquad (2.4a)$$

Trong đó: G - trọng lượng xe, kG;

α - góc nghiêng của mặt đường.



***Hình 2.4:** Những lực tác dụng khi xe leo dốc.*

Do độ dốc đường thiết kế nhỏ nên góc $\alpha \leq 10^0$, nên có thể coi: $\sin\alpha = \tan g\alpha$; $\tan g\alpha$ chính là độ dốc i nên ta có công thức 2.4b

$$P_i = \frac{G.h}{l} = \pm G.i \tag{2.4b}$$

Trong đó: i là độ dốc của đường, i > 0 khi leo dốc, i < 0 khi xuống dốc.

Lợi dụng lực cản leo dốc, ở những đường miền núi, người ta làm các đường cứu nạn, giúp cho các xe đang lao xuống dốc nhưng bị mất phanh. Đường cứu nạn có hướng dốc ngược lên phía đỉnh núi, các xe khi gặp nguy hiểm do mất phanh, người lái xe sẽ đưa xe vào đường cứu nạn để dừng xe lại.

2.2.1.4. Lực cản quán tính P_J

Theo định luật thứ 2 của Newton, khi một vật thể đang chịu một hệ lực cân bằng, nếu có một lực tác dụng, vật thể sẽ có một gia tốc âm hoặc dương. Lực cản quán tính là lực có chiều hướng giữ nguyên trạng thái chuyển động của vật thể và được tính theo biểu thức:

$$P_J = m.j \text{ (kG)} \tag{2.5}$$

Trong đó:

m - khối lượng của xe, (G/g)

G - trọng lượng xe

g - gia tốc trọng trường, (9,8 m/s^2)

j - gia tốc (dv/dt).

Ngoài chuyển động tịnh tiến, xe còn có các chuyển động quay của các bánh xe, trục xe do đó (2.5) phải tính toán tới hệ số kể đến quán tính quay $\delta = 1{,}03 \div 1{,}07$, nên (2.5) có dạng:

$$P_j = \pm\frac{\delta G}{g}.\frac{dv}{dt} \text{ (kG)} \tag{2.6}$$

Khi xe tăng tốc P_j mang dấu (+) khi giảm tốc mang dấu (-).

2.2.1.5. Lực cản trên đường P_d

Bốn loại lực cản trên, không phải lúc nào cũng xuất hiện đồng thời, lực cản leo dốc và lực cản quán tính không xuất hiện trong điều kiện xe chạy với tốc độ đều trên đường không leo dốc. Như vậy còn hai lực cản lăn và lực cản không khí tác dụng vào xe, tổng của hai lực cản này được gọi là lực cản trên đường P_d.

Đối với xe con và xe buýt:

$$P_d = 0{,}00453G + 0{,}000073GV + 0{,}000625CFV^2 \tag{2.7}$$

Đối với xe tải:

$$P_d = 0{,}00345G + 0{,}0000653GV + 0{,}0004756CFV^2 \quad (2.8)$$

Trong đó:

P_d - lực cản trên đường: là tổng của lực cản không khí và lực cản lăn, (kG);

G - trọng lượng xe kể cả hàng;

V - tốc độ xe chạy, (km/h);

F - tiết diện xe F = 0,8 B.H;

C - thông số lực cản không khí: Xe con C = 0,40 ÷ 0,50; các xe khác C = 0,65 ÷ 0,7; xe buýt C = 0,6 ÷ 0,7.

2.2.2. Lực kéo, nhân tố động lực của ô tô

2.2.2.1. Lực kéo của động cơ

Động cơ của xe phát sinh ra lực kéo để khắc phục các lực cản. Động cơ đốt cháy nhiên liệu chuyển thành cơ năng, cơ năng có công suất hiệu dụng N, công suất này tạo nên mô men M tại trục khuỷu của động cơ. Giữa N và M có công thức quan hệ sau:

$$N = \frac{M.w}{75} \text{ (mã lực)} \quad (2.9)$$

Trong đó: w - tốc độ góc của trục khuỷu động cơ, có liên hệ với số vòng quay của động cơ (n vòng/phút) như sau:

$$w = 2\pi n/60.$$

Thay giá trị của π và biến đổi công thức ta có:

$$M = 716{,}2\frac{N}{n} \text{ (kGm)} \quad (2.10)$$

Trong đó:

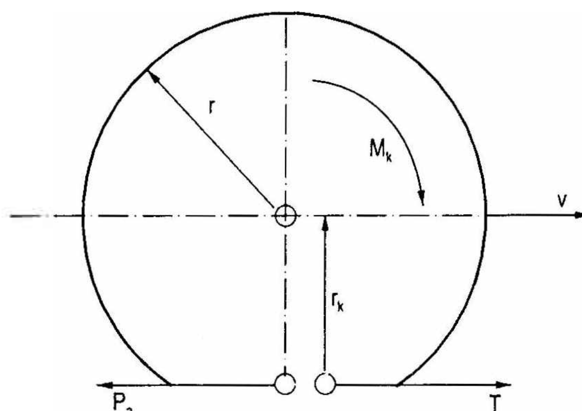
N - công suất, mã lực;

w - tốc độ góc của trục khuỷu;

n - số vòng quay của trục khuỷu trong một phút;

M - mô men quay của động cơ, kGm.

Mô men quay ở trục khuỷu nhỏ trong khi tốc độ quay lớn, muốn có mô men lớn, phải sử dụng hộp số để tạo mô men kéo đủ lớn M_k ở trục bánh xe chủ động, mô men M_k sẽ sản sinh ra ngoại lực P_a (lực kéo ở điểm tiếp xúc của bánh xe với mặt đường), lực P_a có giá trị bằng phản lực T của mặt đường nhưng trái chiều (hình 2.5). Lực kéo P_a được tính theo công thức:



Hình 2.5: *Lực tác dụng lên bánh xe chủ động*

$$P_a = \frac{M_k}{r_k} = \frac{M i_k i_0}{r_k}\eta \text{ (kG)} \qquad (2.11)$$

Trong đó:

M_k - mô men quay ở bánh xe chủ động, kGm;

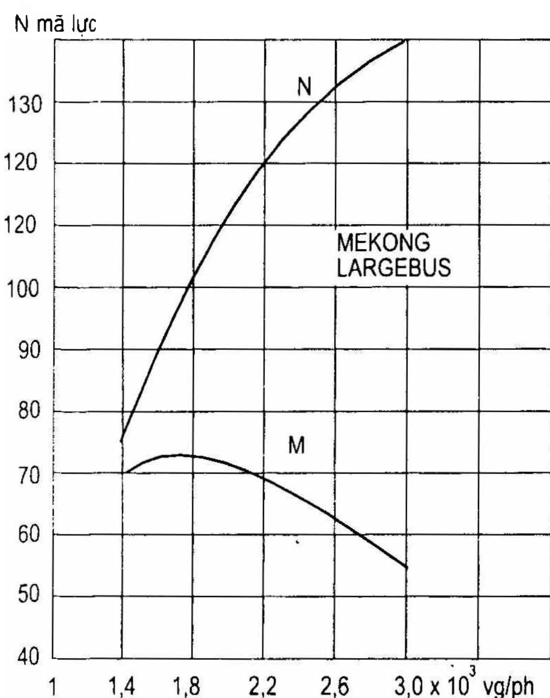
i_k - tỉ số truyền động trong hộp số, theo từng số;

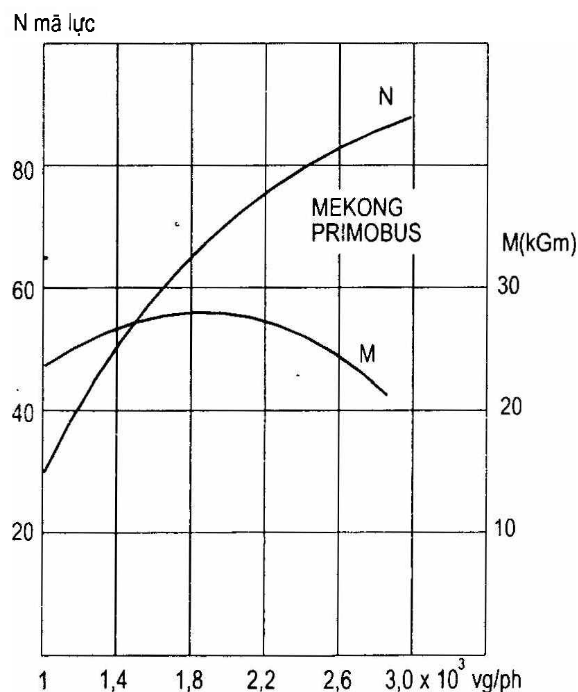
i_0 - tỉ số truyền động cơ bản, tỉ số này là hằng số;

η - hiệu suất truyền động; xe tải, xe buýt $\eta = 0{,}80 \div 0{,}85$; xe con $\eta = 0{,}85 \div 0{,}9$;

r_k - bán kính bánh xe chủ động, kể cả biến dạng.

Bán kính r_k phụ thuộc áp lực hơi trong bánh xe, cấu tạo của lốp và tải trọng trên bánh xe, trạng thái mặt đường, lấy $r_k = 0{,}93 \div 0{,}96$ của bán kính không biến dạng r.





Hình 2.6. *Đường đặc tính ngoài xe buýt Mekong lắp tại Việt Nam*

Gọi n_k là số vòng quay của bánh xe chủ động, $n_k = \frac{n}{i_k i_0}$ (vòng/phút), thì có thể tính được tốc độ V theo công thức:

$$V = \frac{2\pi r_k n_k}{60} 3,6 = 0,377 \frac{r_k n}{i_k i_0} \text{ (km/h)} \quad (2.12)$$

Đường đặc tính ngoài (hình 2.6) là đường quan hệ giữa số vòng quay của động cơ với công suất của xe, với mô men trên trục chủ động, với lượng tiêu hao nhiên liệu. Mặt khác từ số vòng quay của động cơ có thể tính ra tốc độ xe.

2.2.2.2. Nhân tố động lực và biểu đồ nhân tố động lực

Khi xe chạy trên đường, lực kéo của ô tô phải đủ để khắc phục lực cản. Lập quan hệ giữa lực kéo và lực cản ta sẽ được phương trình chuyển động của ô tô:

$$P_a = P_f + P_w \pm P_i \pm P_J$$

hay:

$$P_a - P_w = P_f \pm P_i \pm P_J = G(f \pm i \pm \delta j) \quad (2.13)$$

Khi tính lực kéo của ô tô, tính với điều kiện tăng tốc và lên dốc nên công thức 2.13 có dạng:

$$P_a - P_w = G(f + i + \delta j) \quad (2.14)$$

Chia hai vế của biểu thức 2.14 cho G ta có:

$$\frac{P_a - P_w}{G} = f + i + \delta j \Rightarrow$$ với $j = dv/dt$ ta có công thức 2.15:

$$\frac{P_a - P_w}{G} = f + i + \frac{\delta dv}{dt} \quad (2.15)$$

Cho $D = f + i + \frac{\delta dv}{dt}$ công thức 2.15 viết thành:

$$\frac{P_a - P_w}{G} = D \quad (2.16)$$

D chính là nhân tố động lực của ô tô. Vậy nhân tố động lực của ô tô D là lực kéo đối với đơn vị trọng lượng của nó để khắc phục được lực cản trên đường và tăng tốc:

$$D = f + i + \delta j \quad (2.17)$$

Trong tính toán độ dốc dọc của đường, người ta chỉ tính xe chuyển động đều có nghĩa là không có gia tốc tăng tốc (không có δj).

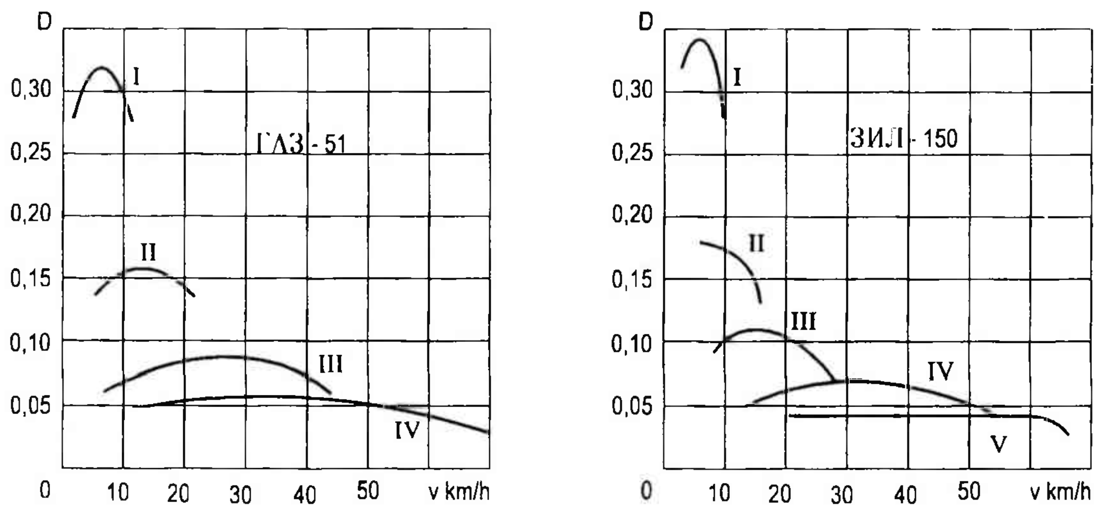
$$D = f + i \quad (2.18)$$

Hình 2.7 là biểu đồ nhân tố động lực xe ГА3-51 và xe 3NП-150 của Liên Xô cũ, quan hệ giữa vận tốc (v) và nhân tố động lực (D), ứng với các số khác nhau khi chuyển số. Chú ý rằng với một đường song song với trục hoành có thể cắt đồ thị tại hai điểm bên phải và bên trái, nhưng chỉ có giá trị ở bên phải là sát với thực tế xe chạy.

Trong thiết kế đường, sử dụng biểu đồ nhân tố động lực có thể xác định được các yếu tố:

- Khi biết cấp đường tức là biết tốc độ thiết kế (V); loại mặt đường dự kiến tức là biết (f), ta có thể xác định được độ dốc dọc của tuyến đường.

- Khi biết loại mặt đường (f); biết độ dốc dọc (i), ta có thể tính được tốc độ xe chạy (V).



Hình 2.7: *Biểu đồ nhân tố động lực của xe ГА3-51 và xe 3NП-150*

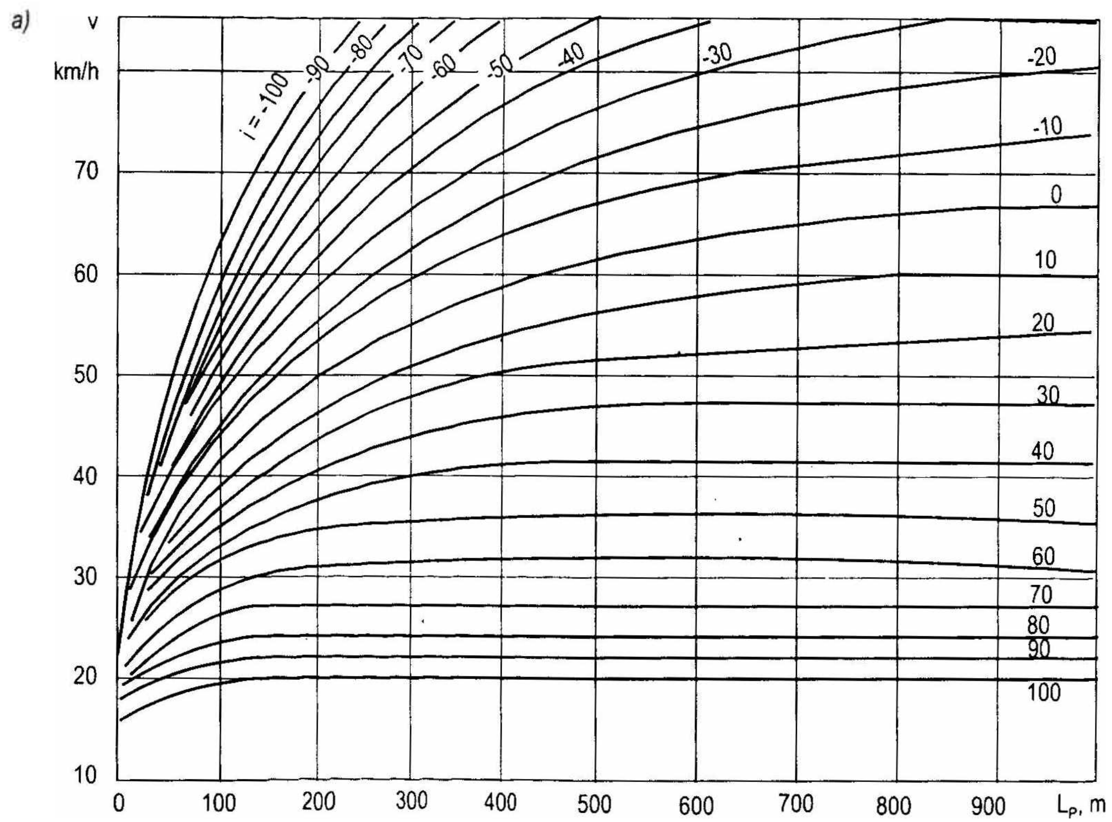
- Xác định chiều dài cần thiết của đoạn tăng tốc và đoạn giảm tốc: Xe đang chạy với tốc độ đều (v) ứng với điều kiện $D_1 = f_1 \pm i_1$ xe sẽ chuyển sang một tốc độ cân bằng mới có gia tốc dv/dt có điều kiện cân bằng mới $D_2 = f_2 \pm i_2$. Vận dụng công thức 2.15 ta sẽ có:

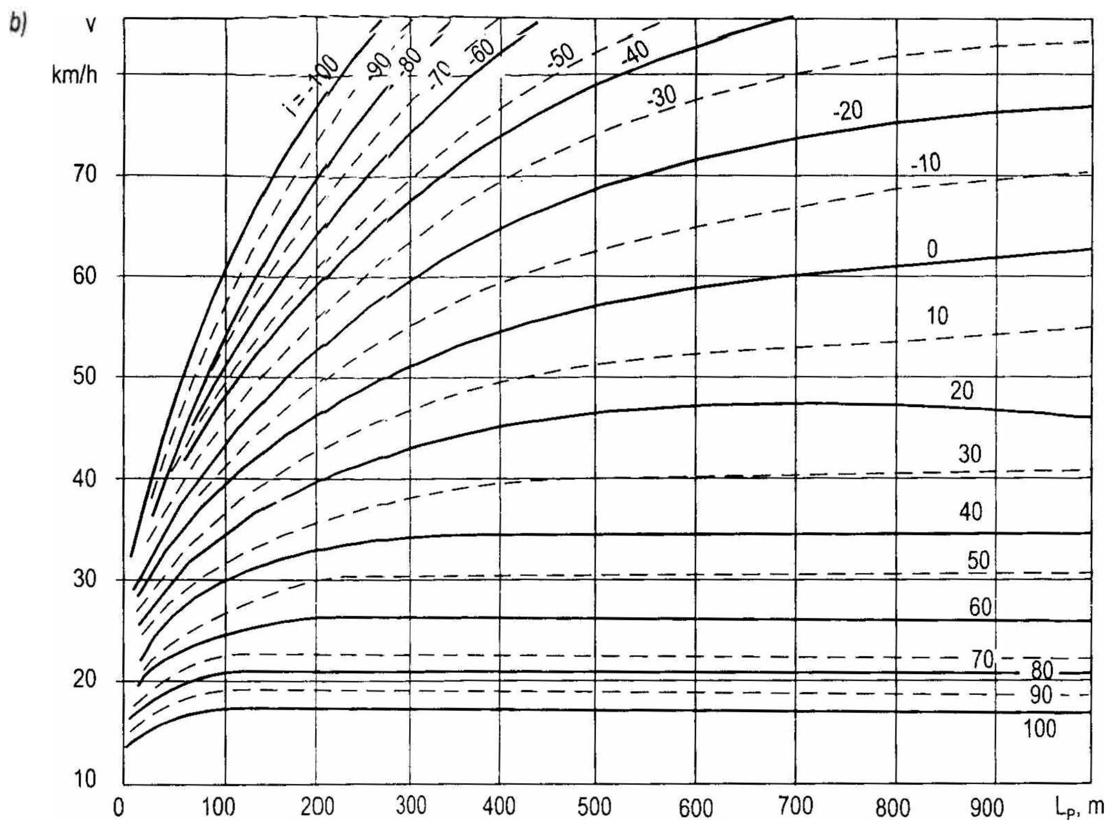
$$\frac{dv}{dt} = [D - (f \pm i)].\frac{g}{\delta} = [D_1 - D_2]\frac{g}{\delta}$$

$$\Rightarrow ds = vdt = \frac{\delta v dv}{(D_1 - D_2)g}$$

$$S = \int_{v_1}^{v_2} ds = \frac{\delta}{g}\int_{v_1}^{v_2} \frac{v.dv}{(D_1 - D_2)} \qquad (2.19)$$

Dựa trên những quan hệ này, người ta lập ra biểu đồ các đoạn tăng tốc và giảm tốc, lập biểu đồ tốc độ xe chạy (hình 2.8) cho các loại xe.





Hình 2.8: *Đoạn tăng tốc của xe ГА3-51 (a) và xe 3NП-150(b)*

2.2.3. Lực bám của bánh xe với mặt đường.

Trở lại hình 2.5, ta thấy tại điểm tiếp xúc của bánh xe với mặt đường, xe tác dụng lên mặt đường một lực P_a mặt đường tác dụng trở lại một lực T có giá trị bằng lực P_a nhưng có chiều ngược lại. Lực T có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong hành trình của xe ô tô trên đường, nó có tác dụng làm cho xe có thể chuyển động được, cũng như có thể hãm phanh được. Người ta gọi lực T là lực bám của xe. Khi giá trị của lực P_a tăng hay giảm thì lực T cũng tăng và giảm theo. Nhưng không phải lực T có thể tăng lên vô hạn, về mặt cơ học nó không vượt quá được giới hạn T_{max}. Vì vậy khi $P_a > T_{max}$ thì điểm tiếp xúc không trở thành tâm quay tức thời được, bánh xe sẽ quay tít tại chỗ. Về mặt cơ học lực bám T chính là lực ma sát giữa bánh xe và mặt đường, nó có tác dụng bám để xe có thể chạy được và khi hãm xe nó trở thành lực cản làm giảm tốc độ của xe. Lực hãm T đóng vai trò quan trọng trong an toàn xe chạy.

Lực bám lớn nhất T_{max} tỷ lệ thuận với trọng lượng tác dụng lên bánh xe chủ động G_{cd}, tuỳ cấu tạo của xe mà giá trị của G_{cd} thay đổi, với xe con $G_{cd} \approx 0{,}50 \div 0{,}55$ và xe tải $G_{cd} \approx 0{,}65 \div 0{,}7$ tải trọng toàn xe.

$$T_{max} = \varphi . G_{cd}$$

Trong đó:

T_{max} - lực bám cực đại;

G_{cd} - tải trọng tác dụng lên bánh xe chủ động;

φ - hệ số bám hay hệ số ma sát.

Hệ số ma sát φ phụ thuộc nhiều vào tình trạng của mặt đường và lốp xe. Tình trạng của mặt đường lại phụ thuộc vào vật liệu và phương pháp thi công đồng thời còn chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi điều kiện khí hậu và thời tiết. Lốp xe cũng cần phải có ma sát tốt với mặt đường nên người ta phải tạo ra các gót lốp (ta lông), đặc biệt ở vùng băng tuyết lốp xe còn phải buộc xích sắt quanh lốp để tăng độ bám. Bảng 2.4 cho ta hệ số bám φ của mặt đường.

Bảng 2.4. Hệ số bám

Loại mặt đường	Hệ số bám φ	
	Khô	Ướt
Bê tông xi măng	0,70 ÷ 0,80	0,65 ÷ 0,70
Đá dăm sạch	0,70 ÷ 0,80	0,60 ÷ 0,70
Mặt đường nhựa sạch	0,60 ÷ 0,70	0,55 ÷ 0,60
Cấp phối tốt	0,60 ÷ 0,70	0,40 ÷ 0,60
Mặt đường đất đường nhựa có bùn	0,50 ÷ 0,60	0,20 ÷ 0,40

Từ những phân tích trên ta thấy xe muốn chạy được phải thoả mãn hai điều kiện:

Lực kéo P_a phải cân bằng với các lực cản (đây là cân bằng động):

$$P_a = P_f + P_w \pm P_i \pm P_J$$

Lực kéo P_a phải bằng hoặc nhỏ hơn lực bám giữa bánh xe và mặt đường:

$$P_a \le T_{max}$$

2.2.4. Chiều dài hãm xe

Khi gặp chướng ngại vật người lái xe phải giảm tốc độ hoặc hãm xe. Quá trình hãm diễn ra như sau:

t_1 - thời gian người lái xe nhìn thấy chướng ngại vật và phản ứng = 1s;

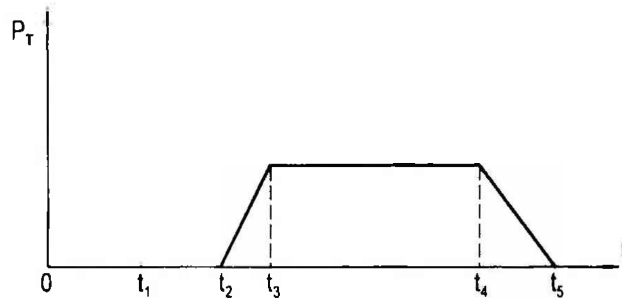
t_2 - thời gian người lái xe đưa chân vào phanh = 0,03 ÷ 0,3s;

t_3 - thời gian tăng cường độ phanh = 0,2 ÷ 1s;

t_4 - thời gian giữ phanh phụ thuộc vào tình huống trên đường;

t_5 - thời gian nhả phanh để đạt được tốc độ như cũ = 0,3 ÷ 2s.

Trong thời gian đó tốc độ của xe giảm từ v tới tốc độ v_0, nếu v_0 là tốc độ khi xe dừng hẳn thì $v_0 = 0$. Quãng đường xe chạy trong thời gian hãm xe được gọi là chiều dài hãm xe S_h. Công hãm xe được tính bằng tích số giữa chiều dài hãm và lực hãm:



Hình 2.9: Sơ đồ quan hệ giữa thời gian hãm xe và lực hãm

$$A = P_h.S_h = G(\varphi \pm i + f).S_h$$

Động năng tiêu hao để xe chạy chậm lại từ v đến v_0 là:

$$W = \frac{G}{g}\left(\frac{v^2 - v_0^2}{2}\right) \quad (2.20)$$

Theo lý thuyết thì công hãm xe phải tiêu hao được động năng của xe: A =W

$$G(\varphi \pm i + f).S_h = \frac{G}{g}\left(\frac{v^2 - v_0^2}{2}\right)$$

$$S_h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g(\varphi \pm i + f)}(m) \quad (2.21)$$

Trong công thức trên v tính bằng m/s. Nếu V tính bằng km/h ta có công thức:

$$S_h = \frac{V^2 - V_0{}^2}{254(\varphi \pm i + f)} \text{ (m)} \qquad (2.22)$$

Trong thực tế chiều dài hãm xe S_h còn phụ thuộc vào chất lượng phanh, cho nên chiều dài hãm xe S_h còn phải nhân thêm với hệ số sử dụng phanh k. Vậy:

$$S_h = \frac{k(V^2 - V_0^2)}{254(\varphi \pm i + f)} \text{ (m)} \qquad (2.23)$$

Trong đó:

φ - hệ số bám, ω phụ thuộc trạng thái mặt đường khô hay ướt, lớp mặt đường, đường nhựa có bùn lấy ω =0,2 ÷ 0,4;

k - hệ số sử dụng phanh, hệ số này biến đổi từ 1,2 đến 1,7. Trong thiết kế lấy k = 1,2;

i - độ dốc dọc của đường;

f - hệ số cản lăn. Đường bê tông xi măng và bê tông nhựa: f = 0,01 ~ 0,02.

Khi cần hãm xe dừng hẳn lại ($V_0 = 0$) thì chiều dài hãm xe là:

$$S_h = \frac{kV^2}{254(\varphi \pm i + f)} \text{ (m)} \qquad (2.24)$$

Đối với xe kéo rơ mooc thì chiều dài hãm xe là:

$$S_{hmi} = \frac{V^2}{254}\left(\frac{1}{\left(\frac{G' + mQ}{G + nQ}\right)\varphi \pm i + f}\right) \text{ (m)} \qquad (2.25)$$

Trong đó:

G' - trọng lượng bám của xe ô tô;

G - trọng lượng ô tô;

Q - trọng lượng một rơ mooc;

n - số rơ mooc xe kéo;

m - số rơ mooc có phanh.

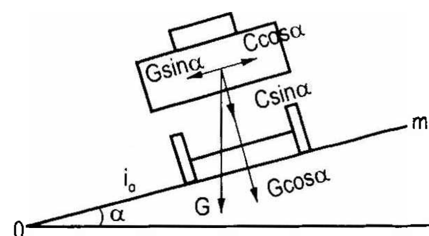
Khi rơ mooc có bố trí phanh thì không cần phải tính theo công thức 2.25.

2.3. YÊU CẦU CƠ BẢN KHI XE CHẠY TRÊN ĐƯỜNG

An toàn, nhanh chóng, thuận lợi, kinh tế là những yêu cầu cơ bản của xe chạy trên đường, trong mọi điều kiện thời tiết và thời gian. Để đảm bảo được các yêu cầu đó cần có những điều kiện đồng bộ từ khâu thiết kế, thi công, khai thác đều phải tốt, trong đó yếu tố thiết kế đảm bảo các tiêu chuẩn kỹ thuật là quan trọng nhất.

2.3.1. Xe chạy trên đường cong nằm

Khi thiết kế tuyến tại những điểm chuyển hướng, phải thiết kế các đường cong nằm. Việc tính toán và lựa chọn bán kính đường cong nằm R hợp lý là điều quan trọng.



Hình 2.10: Lực tác dụng khi xe chạy trên đường cong nằm

Khi xe chạy trên đường cong, xe chịu một lực ly tâm. Lực ly tâm làm cho người ngồi trên xe cảm thấy khó chịu, nếu lực ly tâm lớn làm cho xe bị trượt ngang, hoặc lật xe. Lực ly tâm được thể hiện trên hình vẽ 2.10.

Lực ly tâm được tính theo công thức:

$$C = \frac{Gv^2}{gR} \text{ (kG)} \qquad (2.26)$$

Trong đó:

G - trọng lượng xe (kG);

g - gia tốc trọng trường (m/s^2);

v - tốc độ xe chạy tính bằng (m/s);

R - bán kính đường cong nằm (m).

Nhìn vào biểu thức tính lực ly tâm ta thấy:

Lực ly tâm tỷ lệ thuận với trọng lượng xe và bình phương vận tốc của xe.

Lực ly tâm tỷ lệ nghịch với bán kính đường cong nằm. Khi bán kính đường cong nằm lớn lực ly tâm sẽ nhỏ và ngược lại. Khi thiết kế đường nếu điều kiện cho phép thiết kế bán kính đường cong nằm lớn sẽ an toàn.

Đem chiếu tất cả các lực trên hình vẽ 2.10 lên phương (om), phương song song với mặt đường, ta có:

$$Y = C.\cos\alpha \pm G\sin\alpha.$$

Vì α nhỏ có thể coi cosα = 1 và sinα = tgα = i_0 ta sẽ được:

$$Y = C \pm Gi_0 = \frac{G}{g}\frac{v^2}{v} \pm Gi_0$$

$$Y = G\left(\frac{v^2}{gR} \pm i_0\right) \text{ hay là:}$$

$$\frac{Y}{G} = \frac{v^2}{gR} \pm i_0 \text{ nếu đặt } \frac{Y}{g} = \mu \text{ ta có:}$$

$$\mu = \frac{v^2}{gR} \pm i_0 \text{ hay:}$$

$$v = \frac{v^2}{g(\mu \pm i_0)} \text{ (m)}$$

Nếu V tính bằng km/h ta có:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_0)} \text{ (m)} \quad (2.27)$$

Trong đó:

i_0 - độ dốc ngang của mặt đường. Đối với đường hai mái dốc thì:

dấu (+) dùng cho mái phía trong.

dấu (–) dùng cho mái phía ngoài

μ - hệ số lực ngang, μ càng lớn xe chạy trên đường càng kém ổn định.

Từ công thức trên ta thấy:

- Bán kính đường cong R phụ thuộc tốc độ xe chạy V và hệ số lực ngang μ;
- R và V^2 tỷ lệ thuận với nhau.

Hệ số lực ngang μ được xác định như sau:

$\mu \le 0,1$: hành khách đi trên xe không cảm thấy có đường vòng.

$\mu = 0,15$: hành khách cảm thấy xe chạy trên đường cong.

$\mu = 0,20$: hành khách đi trên xe cảm thấy hơi khó chịu.

$\mu = 0,3$: hành khách đi trên xe cảm thấy khó chịu.

Trong thực tế tính toán thường lấy $\mu = 0,1 \div 0,15$

Khi thiết kế không siêu cao tại những chỗ có đường cong nằm lấy $\mu = 0,08$. Bán kính đường cong nằm thường lấy là bội số của 10 hay 100 m.

2.3.2. Tầm nhìn của xe

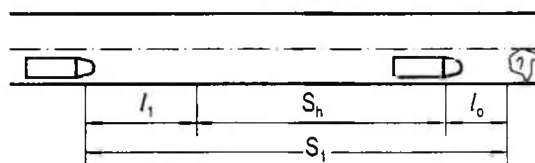
Tầm nhìn của xe là khoảng cách cần thiết để cho người lái xe có thể quan sát xử lý tốc độ xe đảm bảo an toàn. Như vậy tầm nhìn của xe là khoảng cách ngắn nhất đảm bảo cho người lái xe khi thấy chướng ngại vật ở phía trước xử lý xe được an toàn.

Có 4 loại tầm nhìn:

- Tầm nhìn một chiều;
- Tầm nhìn hai chiều;
- Tầm nhìn tránh xe;
- Tầm nhìn vượt xe.

1) Tầm nhìn một chiều:

Người lái xe nhìn thấy chướng ngại vật trên làn xe của mình, buộc phải dừng xe lại trước chướng ngại vật, cách chướng ngại vật một khoảng cách an toàn, (xem hình vẽ 2.11).



Hình 2.11: *Sơ đồ tầm nhìn một chiều*

Ta có công thức:

$$S_1 = l_1 + S_h + l_0$$

$$S_1 = vt + \frac{k.v^2}{2g(\varphi \pm i + f)} + l_0 \quad (m) \qquad (2.28)$$

hay:

$$S_1 = \frac{V.t}{3,6} + \frac{k.V^2}{254(\varphi \pm i + f)} + l_0 \quad (m) \qquad (2.29)$$

Trong đó:

V - tốc độ tính toán (km/h)

φ - hệ số bám, φ phụ thuộc trạng thái mặt đường khô hay ướt, lớp mặt đường, đường nhựa có bùn lấy φ = 0,2 ~ 0,4;

k - hệ số sử dụng phanh, hệ số này biến đổi từ 1,2 đến 1,7.

Trong thiết kế lấy k = 1,2.

i - độ dốc dọc của đường.

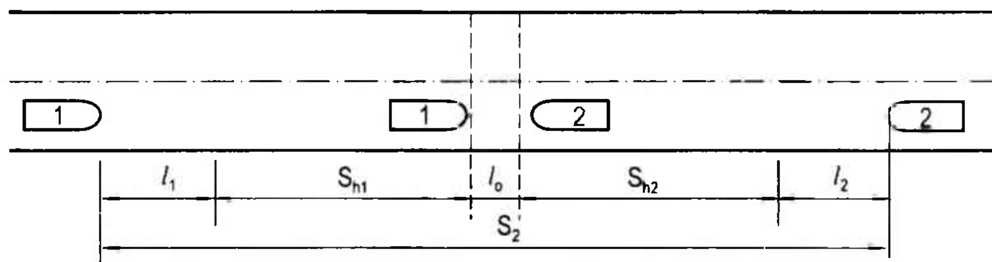
f - hệ số cản lăn. Đường bê tông xi măng và bê tông nhựa f = 0,01 ÷ 0,02.

t - thời gian phản ứng của người lái xe, t thường lấy từ 1s đến 1,5s.

l_0 - khoảng cách an toàn giữa xe ô tô và chướng ngại vật. l_0 = 5 ÷ 10 m.

2.3.2.2. Tầm nhìn hai chiều

Người lái xe thứ 1 đang cho xe chạy trên làn xe của mình, nhìn thấy xe thứ hai chạy ngược chiều trên cùng làn xe, cả hai xe đều phải dừng xe lại (xem hình vẽ 2.12). Tầm nhìn hai chiều được xác định theo công thức sau:



Hình 2.12: *Sơ đồ tầm nhìn hai chiều*

$$S_2 = l_1 + S_{h1} + l_2 + S_{h2} + l_0$$

$$S_2 = v_1 t_1 + \frac{k_1 v_1^2}{2g(\varphi \pm i + f)} + v_2 t_2 + \frac{k_2 v_2^2}{2g(\varphi \pm i + f)} + l_0 \text{ (m)} \tag{2.30}$$

Thông thường khi tính toán tầm nhìn hai chiều, người ta coi $v_1 = v_2$, $t_1 = t_2$, $k_1 = k_2$, một xe đang lên dốc $i > 0$, một xe xuống dốc $i < 0$ và coi hệ số cản lăn $f = 0$. Ta được công thức 2.31.

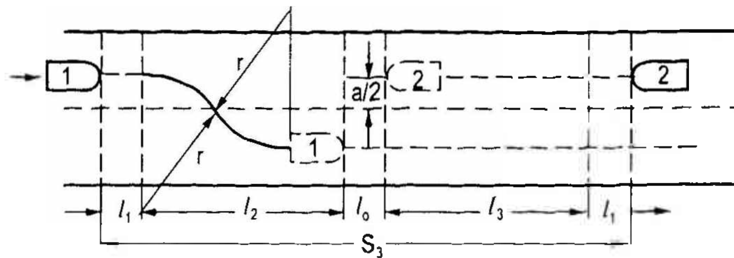
$$S_2 = \frac{2Vt}{3,6} + \frac{2kV^2\varphi}{254(\varphi^2 - i^2)} + l_0 \text{ (m)} \tag{2.31}$$

$$S_2 = \frac{Vt}{1,8} + \frac{kV^2\varphi}{127(\varphi^2 - i^2)} + l_0 \text{ (m)} \tag{2.32}$$

Trong đó: V - km/h. Các ký hiệu khác giống như phần trên.

2.3.2.3. Tầm nhìn tránh xe

Ô tô số 1 và số 2 cùng chạy trên một làn xe nhưng ngược chiều nhau, ô tô số 1 phải đi về đúng làn xe của mình để tránh ô tô số 2, trong trường hợp có sự cố, hai xe đều phải dừng lại (xem hình vẽ 2.13).



Hình 2.13: *Sơ đồ tầm nhìn tránh xe.*

Tầm nhìn tránh xe S_3 được tính như sau:

$$S_3 = 2l_1 + l_2 + l_3 + l_0 \text{ (m)} \tag{2.33}$$

Trong đó:

l_1 - chiều dài đoạn đường phản ứng của người lái xe;

l_0 - khoảng cách an toàn, giống như phần trên;

l_2, l_3 - được tính theo công thức sau:

$$l_2 = l_3 = 2\sqrt{ar} \tag{2.34}$$

$$S_3 = \frac{V}{1.8} + 4\sqrt{ar} + l_0 \text{ (m)} \tag{2.35}$$

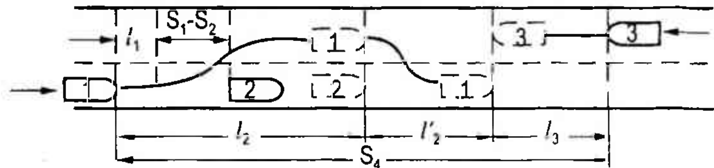
Trong đó:

a - khoảng cách giữa 2 tim của 2 làn xe;

r - bán kính tối thiểu xe có thể lái rẽ mà không cần giảm tốc độ, trị số này tuỳ thuộc vào từng loại xe và tuỳ thuộc tốc độ chạy xe. Thực tế là xe không thể ngay tức thì chuyển sang chạy trên cung tròn, vì vậy đoạn đường này cần yêu cầu dài hơn.

2.3.2.4. Tầm nhìn vượt xe

Xe số 1 chạy sau xe số 2 với khoảng cách an toàn S_{h1} - S_{h2} nhưng chạy với tốc độ nhanh hơn, khi quan sát thấy làn xe trái chiều không có xe, xe 1 lợi dụng làn xe trái chiều để vượt (xem hình 2.14).



Hình 2.14: *Sơ đồ tầm nhìn vượt xe.*

Thời gian vượt xe gồm 2 giai đoạn:

Giai đoạn I, xe 1 chạy trên làn trái chiều bắt kịp xe 2, giai đoạn II, xe 1 vượt xong trở về làn xe của mình trước khi đụng phải xe 3 trên làn xe trái chiều chạy tới. Thời gian vượt xe tính được:

$$t_{vx} = t_1 + t_2 = \frac{S_{h1} - S_{h2}}{v_1 - v_2} + \frac{l_2}{v_1 - v_2} \text{ (s)} \qquad (2.36)$$

Khoảng cách an toàn l_2 có chiều dài không đáng kể, nhiều tác giả đề nghị lấy bằng chiều dài thân xe. Giáo sư Đỗ Bá Chương đề nghị lấy chiều dài l_2 bằng chiều dài hãm xe của xe 2 cho đơn giản tính toán và thiên về an toàn.

$$t_{vx} = \frac{S_{h1}}{v_1 - v_2} = \frac{kv_1^2}{2g(v_1 - v_2)} \qquad (2.37)$$

Tầm nhìn vượt xe là chiều dài xe 1 quan sát được xe 3, do đó:

$$S_4 = l_1 + t_{vx}.(v_1 + v_3) + l_0 \qquad (2.38)$$

Trường hợp bất lợi nhất khi xe 3 chạy nhanh như xe 1:

$$S_4 = vt + \frac{kv_1^2}{2g(v_1 - v_2)}(v_1 + v_1) + l_0$$

$$S_4 = \frac{V_1}{3,6} + \frac{kV_1^3}{127(V_1 - V_2)} + l_0 \qquad (2.39)$$

Trong thực tế tầm nhìn vượt xe được tính một cách đơn giản căn cứ vào thời gian vượt xe cần thiết, trong trường hợp bình thường thời gian là 10s, còn khi cưỡng bức thời gian là 7s. Như vậy chiều dài tầm nhìn vượt xe tương ứng là:

$S_4 = 6V$- Trường hợp bình thường;

$S_4 = 4V$- Trường hợp cưỡng bức.

Ứng dụng các trị số tầm nhìn vào thiết kế:

Tầm nhìn 1 chiều S_1 là tầm nhìn cơ bản nhất, được áp dụng vào tính toán kiểm tra với mọi tình huống đối với đường. Người ta thường tính với chiều cao tầm mắt người lái xe so với mặt đường 1,2m; chiều cao chướng ngại vật 0,15m. Ngày nay người ta thiết kế xe con có chiều cao ngày càng thấp, ở Mỹ chiều cao tầm mắt người lái xe chỉ còn 1m, như vậy đường cong đứng sẽ phải tăng thêm bán kính 5%.

Tầm nhìn hai chiều S_2 ít được áp dụng nhưng nếu đường không có dải phân cách trung tâm thì phải áp dụng để tính toán đường cong đứng.

Tầm nhìn tránh xe S_3 không phải là tầm nhìn cơ bản, ít được áp dụng trong tính toán thiết kế.

Tầm nhìn vượt xe S_4 là trường hợp nguy hiểm phổ biến khi đường có 2 làn xe và không có dải phân cách trung tâm. Đối với đường cấp cao vẫn phải kiểm tra lấy đây là điều kiện về tâm lý để đảm bảo cho người lái xe phát huy được tốc độ khi chạy trên đường.

Trong thiết kế đường đô thị tầm nhìn được lựa chọn theo quy phạm TCN104-83 theo bảng 2.5.

Bảng 2.5. Chiều dài tầm nhìn

Loại đường, đường phố	Tầm nhìn tối thiểu	
	Một chiều	Hai chiều
Đường cao tốc	175	350
Đường phố chính cấp I	140	280
Đường phố chính cấp II	100	200
Đường khu vực	100	200
Đường vận tải	100	200
Đường khu nhà ở	75	150
Đường khu công nghiệp, kho tàng	75	150
Ngõ phố	40	80

2.3.3. Ứng dụng tầm nhìn vào thiết kế

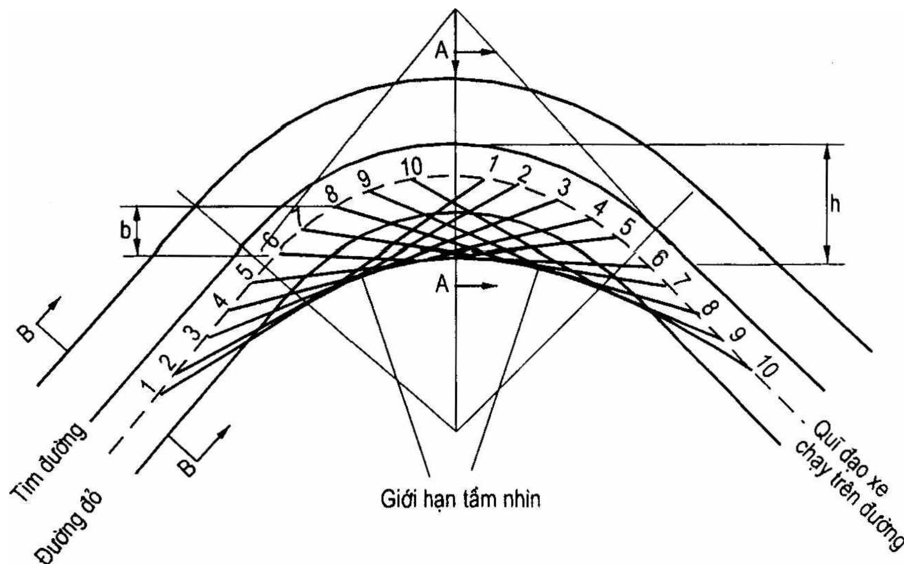
Khi thiết kế tuyến đường cũng như thiết kế mạng lưới đường đô thị cần phải kiểm tra tầm nhìn tại nơi có đường cong nằm, đường cong đứng, ngả giao nhau.

2.3.3.1. Đảm bảo tầm nhìn trên các đoạn đường cong nằm

Trên những đoạn đường cong nằm, cần phải đảm bảo tầm nhìn, những chướng ngại vật nằm trên phần bụng của đường cong (phía tâm của cung tròn) sẽ ảnh hưởng bất lợi. Cần phải xác định phần giới hạn của tầm nhìn để không xây dựng công trình cũng như trồng cây che khuất tầm nhìn của người lái xe. Thông thường ở khu vực tầm nhìn nếu có trồng cây, chỉ được phép trồng các cây bụi, thảm cỏ hoặc bồn hoa.

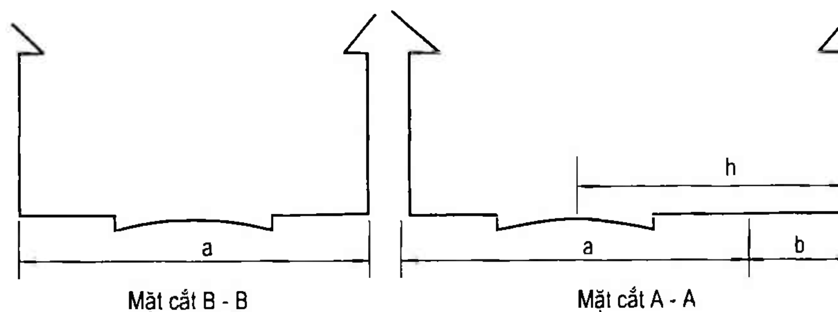
Có hai phương pháp xác định giới hạn tầm nhìn: phương pháp đồ giải và phương pháp giải tích.

Phương pháp đồ giải: Dùng tầm nhìn $S_{1chiều}$ đối với đường có dải phân cách trung tâm, $S_{2chiều}$ đối với đường không có dải phân cách trung tâm. Kẻ liên tiếp các dây cung có chiều dài bằng tầm nhìn với cung tròn lấy tim của làn xe trong cùng. Các dây cung sẽ tạo ra vùng giới hạn tầm nhìn (xem hình 2.15).



Hình 2.15: *Sơ đồ giới hạn tầm nhìn trên đường cong nằm*

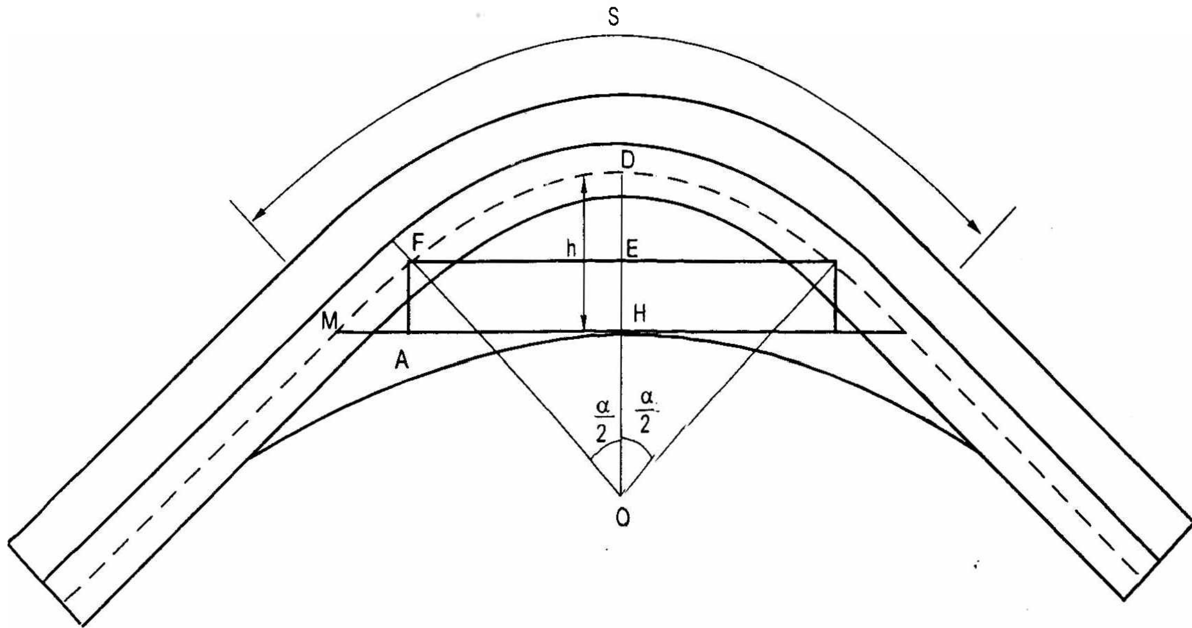
Trên hình 2.16 thể hiện 2 mặt cắt ngang đường, với mặt cắt B-B trên đoạn đường thẳng có chiều ngang hẹp hơn mặt cắt A-A trên đoạn đường cong phải có khoảng đất để đảm bảo tầm nhìn có bề rộng b.



Hình 2.16: *Mặt cắt ngang đường A-A và B-B*

***Phương pháp giải tích*:**

Có hai trường hợp: chiều dài tầm nhìn lớn hơn chiều dài đường cong S > k; Chiều dài tầm nhìn nhỏ hơn chiều dài đường cong S < k.



***Hình 2.17**: Sơ đồ kiểm tra tầm nhìn trên đường cong nằm*

Trên hình 2.17 ta cần phải xác định chiều dài đoạn DH. Với DH là chiều dài lớn nhất từ quỹ đạo xe chạy (tim làn xe trong cùng) đến đường giới hạn tầm nhìn.

- *Trường hợp chiều dài tầm nhìn lớn hơn chiều dài đường cong S > k*:

$$DH = DE + EH = h \tag{2.40}$$

$$DE = OD - OE$$

(OD = R_1 bán kính quỹ đạo xe chạy trên đường cong nằm).

$$DE = R_1 - R_1\cos\frac{\alpha}{2} \text{ vậy:}$$

$$DE = R_1\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) \tag{2.41}$$

Trên hình vẽ 2.17 ta có:

$$EH = AF = FM.\sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.42}$$

$$FM = \frac{1}{2}(S - k) = \frac{1}{2}\left(S - \frac{2\pi R\alpha}{360}\right) = \frac{1}{2}\left(S - \frac{\pi R\alpha}{180}\right) \tag{2.43}$$

Thay vào công thức ta có:

$$EH = \frac{1}{2}\left(S - \frac{\pi R\alpha}{180}\right)\sin\frac{\alpha}{2} \qquad (2.44)$$

vậy:
$$h = DE + EH = R_1\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{1}{2}\left(S - \frac{\pi R\alpha}{180}\right)\sin\frac{\alpha}{2} \qquad (2.45)$$

- Trường hợp chiều dài tầm nhìn nhỏ hơn chiều dài đường cong $S < k$:

Chiều dài tầm nhìn S nhỏ hơn chiều dài đường cong, có nghĩa là ($S - k < 0$), nên công thức 2.45 có thể viết đơn giản là:

$$h = R_1\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) \qquad (2.46)$$

Trong các công thức trên:

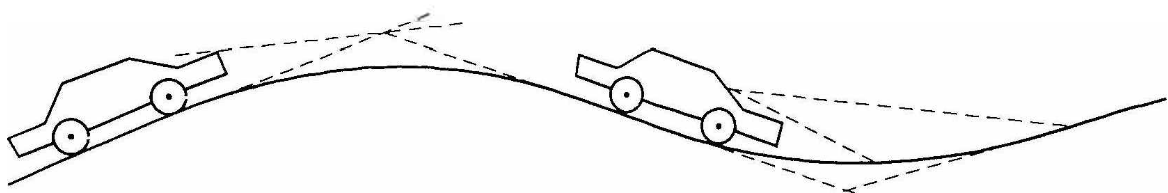
R - bán kính quỹ đạo xe chạy (m). R bao giờ cũng nhỏ hơn bán kính đường cong nằm ít nhất là $\frac{1}{2}$ chiều rộng 1 làn xe. Bán kính đường cong nằm thường được chọn rất lớn ($R_{dcb} > 500m$) nên khi tính toán có thể lấy R bằng trị số bán kính đường cong nằm.

S - tầm nhìn tính toán (có thể là tầm nhìn một chiều hoặc hai chiều)

α - góc ngoặt của đường cong nằm

k - chiều dài đường cong nằm $\left(k = \frac{2\pi R\alpha}{360}\right)$

2.3.3.2. Đảm bảo tầm nhìn trên đường cong đứng



Hình 2.18. *Sơ đồ kiểm tra tầm nhìn trên đường cong đứng*

Đối với đường cong đứng lồi, phải kiểm tra xem đỉnh dốc có cản trở tầm nhìn của người lái xe không. Còn đối với đường cong đứng lõm chủ yếu là kiểm tra tầm nhìn ban đêm, xem ánh đèn pha có bao quát được hết tầm nhìn không.

Người ta dùng công thức 2.47 & 2.48 để kiểm tra tầm nhìn ở đường cong đứng:

$\omega \le \frac{d}{S}$ thoả mãn được tầm nhìn của người lái xe. (2.47)

$$\omega > \frac{d}{S} \text{ không thoả mãn tầm nhìn của người lái xe.} \quad (2.48)$$

Trong hai công thức 2.47 và 2.48:

$d = 1,2$ m - chiều cao từ mặt đường đến mắt người lái xe

S - tầm nhìn một chiều (m)

$\omega = i_1 - i_2$ - hiệu đại số của hai độ dốc dọc lên dốc $i > 0$, xuống dốc $i < 0$.

Đối với những tuyến đường không có chiếu sáng ban đêm, dùng công thức 2.49 để kiểm tra tầm nhìn:

$$R_{min} = \frac{30S}{\alpha_0} \quad (2.49)$$

Trong đó:

R - bán kính đường cong đứng (m)

S - tầm nhìn

α_0 - góc toả sáng của đèn pha ô tô

2.3.3.3. Đảm bảo tầm nhìn ở ngả giao nhau

Nếu như tầm nhìn trên đoạn đường thẳng được xác định bằng khoảng cách của tầm nhìn tính toán được theo công thức 2.29 hay 2.32 (đối với tầm nhìn 1 chiều và 2 chiều), thì ở ngả giao nhau tầm nhìn được tính toán sao cho xe trên đường có thể quan sát được xe ở trên tuyến đường giao cắt.

Về nguyên tắc cần có một vùng để đảm bảo tầm nhìn ở ngả giao nhau được xác định như sau:

Đối với nút giao thông "đường phụ đường chính" (hình 2.19):

Ô tô I chạy trên đường chính (đường được ưu tiên) với tốc độ V_1. Ô tô II chạy trên đường phụ (đường không ưu tiên) với tốc độ V_2 phải có đủ tầm nhìn S_2 để hãm phanh và dừng lại. Tầm nhìn S_2 là tầm nhìn một chiều của xe 2 được xác định theo công thức 2.29.

Trong điều kiện bất lợi nhất nếu không sử dụng phanh, ô tô II chạy đến điểm O trên đoạn đường S_2 mất khoảng thời gian $t = S_2/V_2$ và trong khoảng thời gian đó, ô tô I đi được đoạn đường S_1:

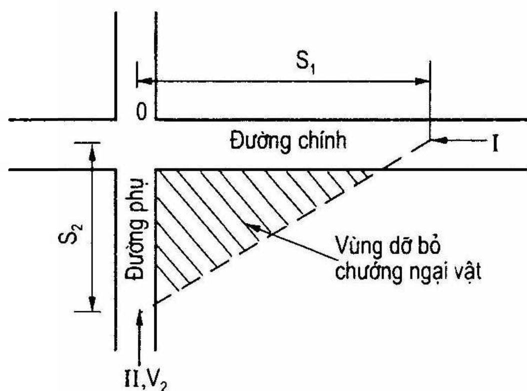
$$S_1 = S_2 \frac{V_1}{V_2} \quad (2.50)$$

Đối với nút giao thông hai đường cùng cấp hạng hoặc tầm quan trọng như nhau, không phân biệt đường phụ đường chính, thì theo luật giao thông sẽ ưu tiên bên phải: ô

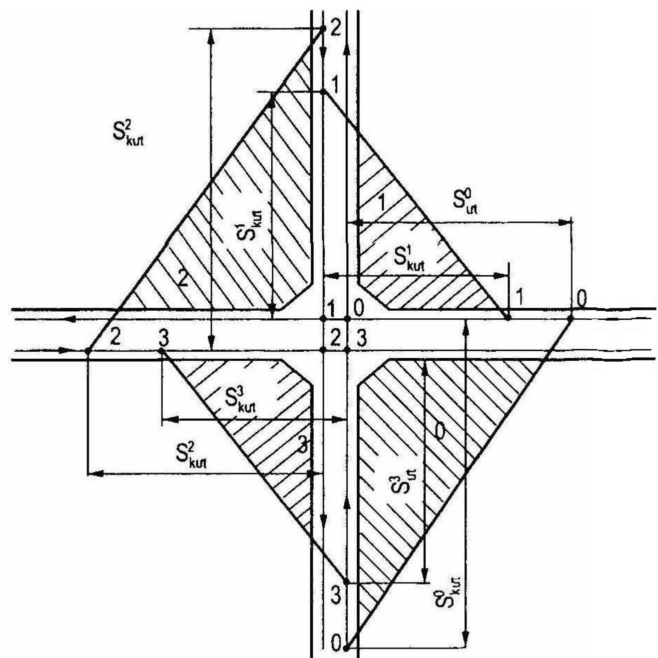
tô đi tới nút phải nhường ưu tiên cho các ô tô xuất hiện bên tay phải mình đi trước. Như vậy cũng tương tự như trường hợp đường chính đương phụ, (hình 2.19a) trong đó chiều dài tầm nhìn không ưu tiên S_{kut} được tính theo công thức 2.29 và tầm nhìn xe ưu tiên xác định theo công thức 2.50.

Khi đã tính toán được các khoảng cách cần thiết, ta vẽ các tam giác tầm nhìn. Các cạnh góc vuông nằm trên tim đường, nếu bề rộng phần đường xe chạy nhỏ hơn 7m. Khi bề rộng phần xe chạy lớn hơn 7m các cạnh góc vuông các bó vỉa 1,5 m.

Một điểm cần lưu ý là tốc độ xe đi vào ngả giao nhau phải tính toán sao cho đảm bảo an toàn, ở một số nước tốc độ đi vào ngả giao nhau được tính bằng tốc độ thiết kế cộng thêm 20 km/h. Trong điều kiện đô thị cải tạo người thiết kế cần cân nhắc việc lựa chọn tốc độ xe chạy khi đi vào ngả giao nhau để thiết kế cho phù hợp với điều kiện đất đai của đô thị. Nếu tốc độ lựa chọn nhỏ hơn tốc độ thiết kế của tuyến đường thì cần có biển báo hạn chế tốc độ.



Hình 2.19: Sơ đồ kiểm tra tầm nhìn ở ngả giao nhau giữa đường chính và đường phụ



Hình 2.19a: Sơ đồ kiểm tra tầm nhìn ở ngả giao nhau giữa đường cùng cấp

2.3.4. Tốc độ

Tốc độ xe chạy là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá kết quả phục vụ của công tác giao thông vận tải.

Tốc độ xe chạy sẽ quyết định thời gian xe chạy, thời gian quay vòng xe, chu trình vận chuyển trên tuyến đường. Tốc độ xe chạy có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế.

Tốc độ xe chạy đối với thiết kế đường và đường đô thị là cơ sở chủ yếu để xác định các yếu tố hình học của tuyến đường. Với tốc độ được lựa chọn hợp lý khi thiết kế tuyến

đường sẽ đem lại hiệu quả kinh tế và tuyến đường sẽ đáp ứng tốt những yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Có các loại tốc độ như sau:

2.3.4.1. Tốc độ thiết kế V_{TK}

Là tốc độ lớn nhất mà xe có thể đạt được trong điều kiện thuận lợi, không có ảnh hưởng của những điều kiện khách quan. Tốc độ thiết kế V_{TK} được đưa vào các công thức tính toán, nó là một tốc độ có tính lý thuyết được dùng trong thiết kế.

2.3.4.2. Tốc độ trung bình V_{TB}

Là tốc độ thực tế xe chạy trên đường đã xét đến các điều kiện ảnh hưởng khi xe chạy trên đường, nhưng không tính thời gian dừng lại ở các trạm.

$$V_{TB} = \frac{L}{t_1} \text{ (km/h)} \quad (2.51)$$

2.3.4.1. Tốc độ vận chuyển V_{VC}

Là tốc độ xe chạy trên đường có tính đến thời gian xe dừng ở các trạm đỗ.

$$V_{VC} = \frac{L}{t_1 + t_2} \text{ (km/h)} \quad (2.52)$$

2.3.4.1. Tốc độ sử dụng V_{SD}

Là tốc độ có tính tới toàn bộ thời gian xe tiêu tốn trong một chu kỳ, kể cả thời gian đỗ tại các trạm, thời gian đỗ ở trạm gốc.

$$V_{SD} = \frac{L}{t_1 + t_2 + t_3} \text{ (km/h)} \quad (2.53)$$

Trong các công thức 2.51, 2.52, 2.53:

L - chiều dài tuyến đường (km);

t_1 - thời gian xe chạy trên đường (h);

t_2 - thời gian xe dừng lại ở các trạm đỗ (h);

t_3 - thời gian xe dừng lại ở trạm gốc (h).

2.4. LƯU LƯỢNG GIAO THÔNG VÀ KHẢ NĂNG THÔNG XE

2.4.1. Lưu lượng giao thông

Lưu lượng giao thông còn được gọi là cường độ giao thông là số lượng xe cộ chạy qua mặt cắt ngang trong một đơn vị thời gian. Thứ nguyên của cường độ giao thông xe/(ngày đêm) hoặc xe/h.

Trong thiết kế đường đô thị, người ta dùng cường độ giao thông trong giờ cao điểm để tính toán, là số lượng xe cộ lớn nhất, chạy qua một mặt cắt ngang đường trong một giờ nào đó trong một ngày đêm. Thông thường cường độ giao thông trong giờ cao điểm của tuyến đường xảy ra trước và sau giờ làm việc mỗi ngày. Cường độ giao thông trong giờ cao điểm có thể xác định theo thực tế điều tra và thống kê xe chạy trên đường trong thời gian trước và sau thời gian làm việc, hoặc thống kê số lượng xe chạy trong cả ngày đêm, sau đó lấy từ 0,12 đến 0,14 số lượng xe đó.

Để có được số liệu về cường độ giao thông của đường phố, người ta thường sử dụng các phương pháp sau:

- Căn cứ vào số liệu tính toán khi quy hoạch xây dựng đô thị và nhu cầu vận tải hàng hoá, hành khách để tính ra số lượng các loại phương tiện giao thông cần thiết cũng như cường độ giao thông trong tương lai.

- Căn cứ vào số liệu thống kê trong các năm trước để nội suy ra số liệu về cường độ giao thông trong tương lai.

- Dựa vào số liệu của những đô thị có quy mô và đặc điểm phát triển tương tự như đô thị đang thiết kế để tính toán ra số liệu cường độ giao thông.

2.4.2. Khả năng thông xe

2.4.2.1. Khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe

Khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe là số lượng xe cộ lớn nhất có thể thông qua được trên một làn xe trong một đơn vị thời gian.

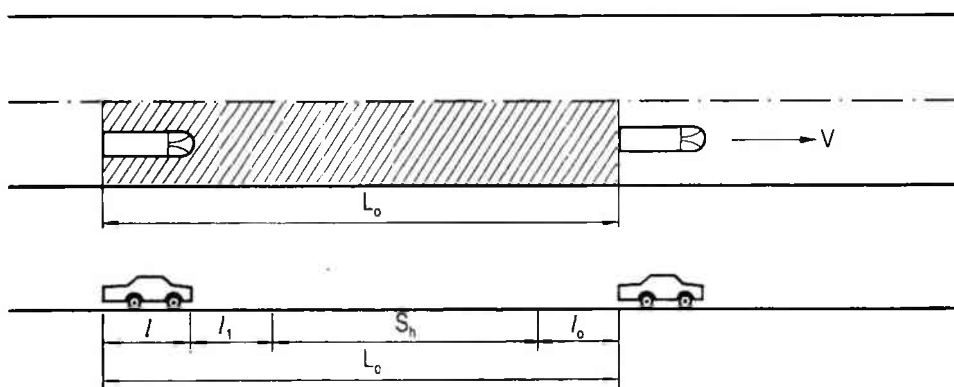
Để tính khả năng thông xe lý thuyết người ta giả thiết:

- Xe chạy trên đường không gặp một trở ngại nào, xe chạy liên tục, xe sau chạy cách xe trước một cự ly nhất định.

- Xe chạy liên tục với cùng một tốc độ thiết kế nhất định.

- Tất cả các loại xe chạy trên đường được quy đổi về cùng một loại xe con tiêu chuẩn.

Hình 2.20 thể hiện sơ đồ để minh hoạ cách tính toán khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe.



***Hình 2.20:** Sơ đồ khoảng cách hoạt động của xe khi chạy trên đường*

Công thức tính khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe như sau:

$$N = \frac{3600v}{L_0} \quad (2.54)$$

Trong đó:

v - tốc độ xe chạy tính toán (m/s);

L_0 - khoảng cách hoạt động của xe (m).

Khoảng cách hoạt động của xe được tính theo công thức (2.55):

$$L_0 = l_1 + S_h + l + l_0 (m) \quad (2.55)$$

Trong đó:

l_1 - chiều dài phản ứng của người lái xe (m);

S_h - cự ly hãm xe (m);

l - chiều dài xe (m). Lấy l = 6m;

l_0 - cự ly an toàn (m).

Lấy những công thức S_h (2.21) ta có:

$$L_0 = vt + \frac{kv^2}{2g(\varphi \pm i + f)} + l + l_0 \text{ (xe/h)} \quad (2.56)$$

Khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe:

$$N = \frac{3600v}{vt + \frac{k.v^2}{2g(\varphi \pm i + f)} + l + l_0} \text{ (xe/h)} \quad (2.57)$$

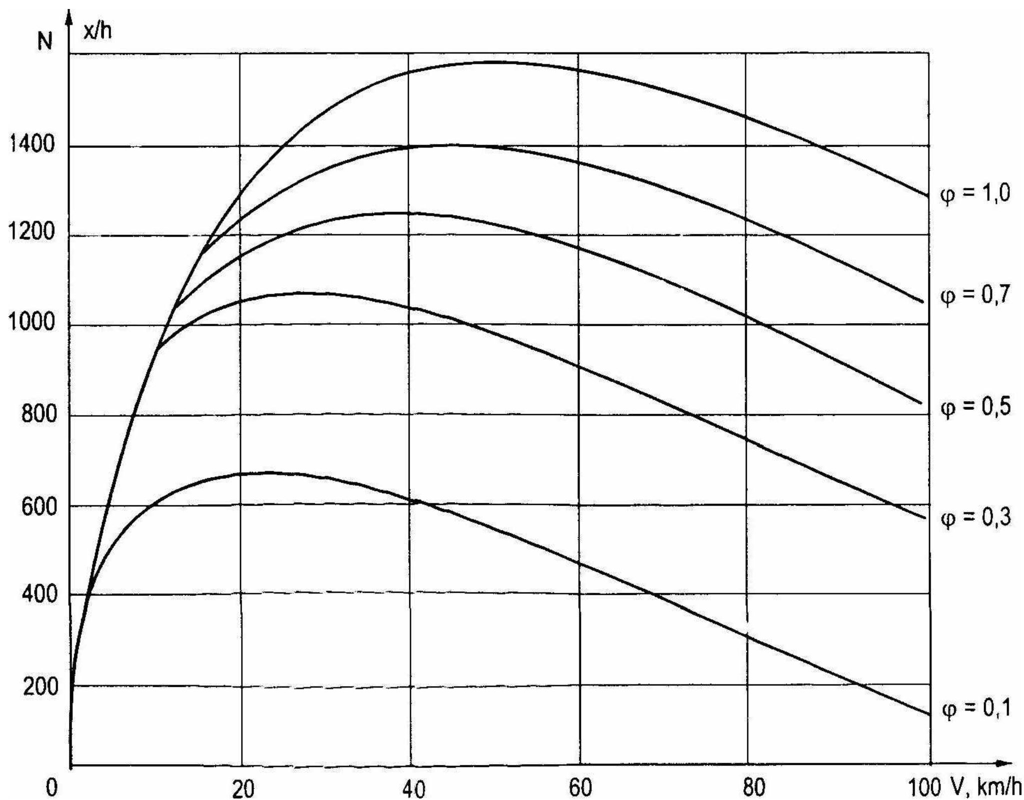
Khi tốc độ xe chạy tính theo km/h khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe sẽ là:

$$N = \frac{1000V}{\frac{Vt}{3,6} + \frac{kV^2}{254(\varphi \pm i + f)} + l + l_0} \text{ (xe/h)} \quad (2.58)$$

Căn cứ vào công thức 2.58 khi cho tốc độ xe chạy V khác nhau, với các loại mặt đường có hệ số φ khác nhau ta sẽ vẽ được các đồ thị thể hiện quan hệ giữa khả năng thông xe và tốc độ xe chạy ứng với các tình trạng mặt đường khác nhau (hình 2.20)

Nhìn vào đồ thị hình 2.20, ta thấy khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe có quan hệ mật thiết với tốc độ xe chạy và tình trạng của mặt đường. Với cùng một loại mặt đường (hệ số φ như nhau), khi tốc độ tăng từ 0 đến 50 km/h (với mặt đường tốt φ = 1), từ 0 đến 20 và 40 km/h với loại mặt đường xấu, trung bình khi tốc độ xe tăng thì khả năng thông xe cũng tăng. Khi tốc độ xe tiếp tục tăng cao hơn nữa thì trái lại khả năng thông

xe giảm đi. Khi tốc độ xe khoảng 40 ÷ 60 km/h thì sẽ cho khả năng thông xe lớn nhất. Sở dĩ có tình trạng khả năng thông xe tỷ lệ thuận với tốc độ đến một giới hạn nào đó (< 50km/h), khi tốc độ tăng hơn nữa làm cho khoảng cách L_0 (công thức 2.55) tăng lên mới đảm bảo an toàn. Trong công thức 2.58, tốc độ xe chạy V có ở cả tử số và mẫu số. Khi V tăng: với V ≤ 50 km/h tử số tăng nhanh hơn, V≥ 50 km/h mẫu số tăng nhanh hơn.



Hình 2.21: *Đồ thị quan hệ giữa khả năng thông xe và tốc độ xe chạy.*

2.4.2.2. Khả năng thông xe khi xét tới ảnh hưởng của ngả giao nhau

Khả năng thông xe tính theo công thức 2.58 là khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe trên đoạn đường thẳng. Trên thực tế trong đô thị có nhiều ngả giao nhau, khoảng cách các ngả giao nhau phụ thuộc vào thiết kế quy hoạch mạng lưới đường đô thị. Các ngả giao nhau có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ xe chạy và khả năng thông xe. Khi xe đi tới gần ngả giao nhau, phải giảm tốc độ hoặc dừng xe lại đợi tín hiệu giao thông, do vậy khi tính toán khả năng thông xe phải tính tới những ảnh hưởng này.

Khả năng thông xe khi xét tới ảnh hưởng của ngả giao nhau:

$$N_G = \alpha.N \text{ (xe/h)} \qquad (2.59)$$

Trong đó:

N - khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe (xe/h);

α - hệ số ảnh hưởng ở ngả giao nhau.

Hệ số α là tỷ số thời gian xe chạy không phải dừng với thời gian xe chạy thực tế phải đợi đèn tín hiệu ở ngả giao nhau; α tính theo công thức sau:

$$\alpha = \frac{\frac{L}{v}}{\frac{L}{v} + \frac{v}{2a} + \frac{v}{2b} + \Delta} \qquad (2.60)$$

Trong đó: $\Delta = \frac{T - t_x}{2}$ (s)

Δ - thời gian dừng xe bình quân khi gặp đèn đỏ, trong một chu kỳ đèn tín hiệu (s);

t_x - thời gian đèn xanh trong một chu kỳ (s);

L - khoảng cách giữa 2 ngả giao nhau (m);

v - tốc độ thiết kế (m/s);

a - gia tốc tăng tốc (m/s^2) $a = 1,0 \sim 1,7\ m/s^2$;

b - gia tốc giảm tốc (m/s^2) $b = 0,6 \sim 1,5\ m/s^2$.

Trong thiết kế đèn tín hiệu, chu kỳ T đèn thường được tính như sau:

$$T = t_x + t_v + t_d + t_v$$

Trong đó:

t_x và t_d (thời gian đèn xanh và thời gian đèn đỏ) theo thiết kế;

$t_v = 3$ s (thời gian đèn vàng).

Từ công thức trên ta thấy hệ số α tỷ lệ thuận với khoảng cách hai ngả giao nhau. Khi khoảng cách lớn α sẽ lớn và khả năng thông xe sẽ tăng, ngược lại khoảng cách nhỏ cho khả năng thông xe nhỏ. Hệ số α tỷ lệ nghịch với tốc độ xe chạy. Hệ số α < 1

2.4.2.3. Khả năng thông xe của cả mặt cắt ngang

Phần đường xe chạy có nhiều làn xe, khả năng thông xe của mặt cắt ngang sẽ bằng tổng khả năng thông xe của các làn xe. Trong thực tế khi có nhiều làn xe, các làn xe ảnh hưởng lẫn nhau làm giảm khả năng thông xe.

Hình 2.21 thể hiện hệ số ảnh hưởng γ của các làn xe tới khả năng thông xe. Công thức tính khả năng thông xe của cả phần đường xe chạy là:

$$\sum M = 2.N_G\gamma_n = 2N_G(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) \text{ (xe/h)} \qquad (2.61)$$

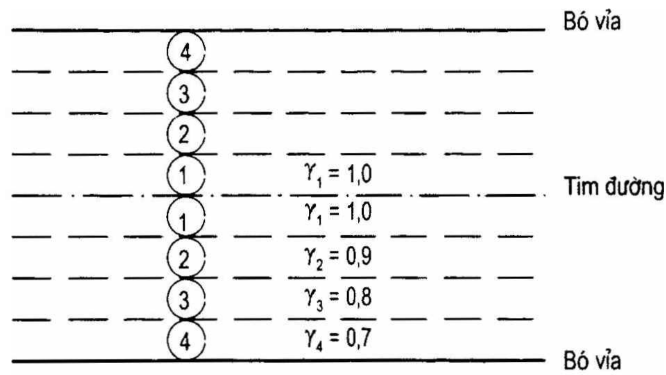
Trong đó: γ - hệ số ảnh hưởng của các làn xe:

làn xe gần tim đường: $\gamma_1 = 1$

làn xe gần tim đường: $\gamma_2 = 0,9$

làn xe gần tim đường: $\gamma_3 = 0,8$

làn xe gần tim đường: $\gamma_4 = 0,7$



Hình 2.22: *Sơ đồ hệ số ảnh hưởng của các làn xe.*

Công thức 2.60 chỉ tính cho mặt cắt ngang đường có số làn xe chẵn.

Nếu gọi M_c là cường độ giao thông trong giờ cao điểm thì:

- $M_c < \Sigma M$ số làn xe thiết kế đảm bảo đủ khả năng thông xe yêu cầu

- $M_c > \Sigma M$ số làn xe thiết kế không đủ khả năng thông xe yêu cầu, cần phải tăng thêm số làn xe nữa.

2.4.2.4. Quy đổi các loại xe chạy trên đường ra xe con tiêu chuẩn

Tham gia giao thông trên đường phố có nhiều phương tiện. Việc tính khả năng thông xe cần phải quy đổi các loại xe ra xe tiêu chuẩn. Bảng 2.6 cho hệ số quy đổi của các loại xe ra xe tiêu chuẩn.

Bảng 2.6. Hệ số quy đổi ra xe tiêu chuẩn (20TCN - 104 - 83)

Loại xe	Hệ số quy đổi
Ô tô con tiêu chuẩn	1
Ô tô tải < 2 tấn	1,5
Ô tô tải 2÷5 tấn	2,0
Ô tô tải 5÷8 tấn	2,5
Ô tô tải 8÷14 tấn	3,0
Ô tô tải >14 tấn	3,5
Xe ô tô kéo rơ moóc	6
Xe ô tô buýt	2,5
Xe điện bánh hơi	3
Xe điện bánh hơi và xe buýt có khe nối co dãn	4
Mô tô - xe máy	0,5
Xe đạp	0,3
Xích lô	0,7
Xe bagac, xe cải tiến	0,8
Xe súc vật kéo	1,0

Khi sử dụng bảng 2.6 cần chú ý:

- Khi thiết kế, đường cho xe đạp và xe thô sơ nên tách riêng khỏi đường cho xe cơ giới.

- Các làn xe có tốc độ khác nhau nên tính riêng.

- Trong một làn xe có nhiều loại xe có tốc độ khác nhau thì tính cho xe có tốc độ chậm.

- Khả năng thông xe của một tuyến đường, quyết định ở đoạn có khả năng thông xe nhỏ nhất.

Khả năng thông xe có thể tham khảo ở bảng 2.7.

Bảng 2.7. Khả năng thông xe (20TCN - 104 - 83)

Loại phương tiện giao thông	Số lượng xe thông qua lớn nhất (xe/h)/làn		
	Giao nhau khác mức		Giao nhau cùng mức
	Đường cao tốc	Đường phố chính cấp 1	
Ô tô con	1200÷1500	1000÷1200	600÷700
Ô tô tải	600÷800	500÷650	300÷400
Ô tô buýt	200÷300	150÷250	100÷150
Xe điện bánh hơi	200÷300	110÷130	70÷90

Chương 3
THIẾT KẾ MẶT CẮT NGANG ĐƯỜNG PHỐ

3.1. NHỮNG YÊU CẦU VỀ THIẾT KẾ MẶT CẮT NGANG ĐƯỜNG PHỐ

3.1.1. Lộ giới và chỉ giới xây dựng

3.1.1.1. Lộ giới (chỉ giới đỏ)

Là đường ranh giới được xác định trên bản đồ quy hoạch và thực địa để phân định ranh giới giữa phần đất để xây dựng công trình kiến trúc và phần đất được dành cho đường giao thông hoặc các công trình kỹ thuật hạ tầng, không gian công cộng khác.

Trong đô thị, lộ giới (chỉ giới đường đỏ) là đường giới hạn của phần đất dành làm đường đô thị.

3.1.1.2. Chỉ giới xây dựng

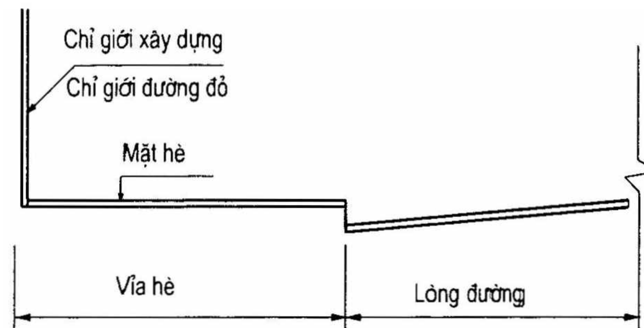
Là đường giới hạn cho phép xây dựng nhà, công trình trên lô đất. Chỉ giới xây dựng có thể:

- Trùng với chỉ giới đường đỏ, nếu công trình được phép xây dựng sát chỉ giới đường đỏ.

- Hoặc lùi vào so với đường đỏ nếu công trình phải xây lùi vào so với chỉ giới đường đỏ (do yêu cầu của quy hoạch).

Khoảng lùi: là khoảng cách giữa chỉ giới đường đỏ và chỉ giới xây dựng.

Hình 3.1: Chỉ giới xây dựng không trùng chỉ giới đường đỏ.



Hình 3.2: Chỉ giới xây dựng trùng chỉ giới đường đỏ.

3.1.2. Yêu cầu thiết kế mặt cắt ngang đường đô thị

Mặt cắt ngang đường đô thị là mặt cắt thẳng góc với trục tim đường. Khác với đường bộ (ngoài đô thị), tính chất của đường đô thị được thể hiện ở mặt cắt ngang có thể thấy rõ được một phần chức năng và tác dụng của tuyến đường. Điều kiện xe chạy (an toàn thông suốt và thuận lợi), kinh phí xây dựng và diện tích sử dụng đất của đường, điều kiện vệ sinh và bộ mặt kiến trúc của đô thị phụ thuộc rất nhiều vào việc thiết kế mặt cắt ngang. Do đó khi thiết kế mặt cắt ngang đường đô thị, phải giải quyết một cách tổng hợp các vấn đề về chính trị, kinh tế, kỹ thuật và kiến trúc. Công tác thiết kế mặt cắt ngang đường đô thị là một khâu rất quan trọng trong thiết kế đường đô thị. Mặt cắt ngang đường đô thị thường có các bộ phận sau đây:

- Phần đường xe chạy: bao gồm đường xe cơ giới, xe thô sơ, xe điện bánh hơi hoặc bánh sắt;

- Phần vỉa hè cho người đi bộ;

- Dải phân cách;

- Dải trồng cây xanh và bố trí công trình ngầm.

Mặt cắt ngang được xây dựng trong phạm vi chỉ giới đường đỏ. Chiều rộng của đường được xác định theo tính chất công dụng và quy mô của đô thị. Các bộ phận của mặt cắt ngang có thể có những khác nhau về chiều rộng, cách bố trí.

Nhiệm vụ chính của việc thiết kế mặt cắt ngang là xác định một cách hợp lý chiều rộng, vị trí tương đối và độ cao của các bộ phận của đường; đảm bảo thoát nước mặt và các yêu cầu cảnh quan, vệ sinh đô thị. Khi thiết kế phải đồng thời xét tới việc bố trí các công trình trên, dưới mặt đất (công trình ngầm) và các công trình xây dựng ở hai bên đường. Để thiết kế tốt mặt cắt ngang đường đô thị, cần phải xác định rõ các vấn đề sau đây:

1. Xác định rõ chức năng nhiệm vụ của tuyến đường.

2. Thành phần, lưu lượng các phương tiện cơ giới, thô sơ và bộ hành tham gia giao thông qua mặt cắt ngang qua đường hiện tại và dự tính cho năm cuối của năm quy hoạch.

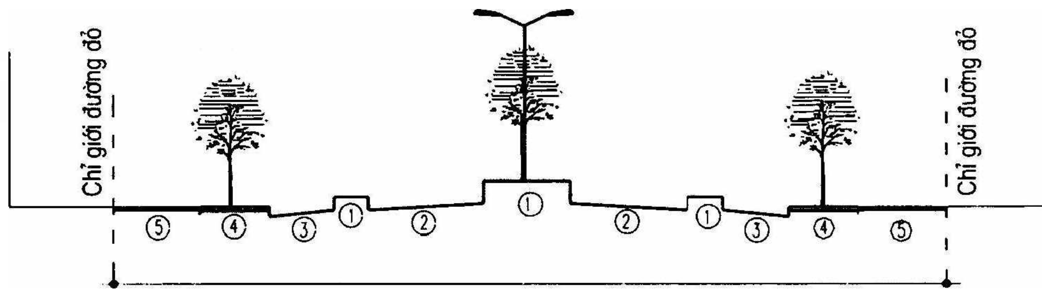
3. Nhu cầu các công trình ngầm đặt trên tuyến đường.

4. Tính chất và chiều cao của các công trình sẽ được xây dựng ở hai bên.

5. Điều kiện thiên nhiên tại nơi đường đi qua (địa hình, địa chất công trình, điều kiện thuỷ văn, khí hậu...).

3.1.3. Xác định chiều rộng phần đường xe ôtô (cơ giới)

Để xác định chiều rộng của đường xe chạy, phải biết rõ yêu cầu về cường độ và thành phần xe chạy trong tương lai, cách tổ chức giao thông, khả năng thông xe và chiều rộng cần thiết của một làn xe.



Hình 3.3: Mặt cắt ngang đường đô thị.
1. Dải phân cách an toàn; 2. Phần đường xe cơ giới;
3. Phần đường xe thô sơ; 4. Dải đất trồng cây xanh; 5. Phần đường đi bộ.

3.1.3.1. Chiều rộng của một làn xe

Chiều rộng của một làn xe là dải đất để cho một dòng xe ô tô chạy an toàn với tốc độ thiết kế. Chiều rọng của một làn xe phụ thuộc vào tốc độ xe và chiều rộng của thân xe (trung bình 2,1m đối với xe con; 2,6 m đối với xe tải; 2,7m đối với xe buýt và xe điện bánh lốp). Khoảng cách an toàn giữa các thân xe và giữa bánh xe với bó vỉa quyết định ở sự dao động của xe chạy, kỹ thuật và trạng thái tâm lý của người lái xe và tình hình cảnh quan hai bên đường. Có thể tham khảo phương pháp xác định chiều rộng một làn xe theo phương pháp Đamakhaep (Nga).

- Phương pháp Đamakhaep (Nga): Dựa vào sự quan trắc bằng phương pháp chụp ảnh nhiều lần và đưa ra công thức kinh nghiệm (hình 3.4).

Trong hình 3.4 có:

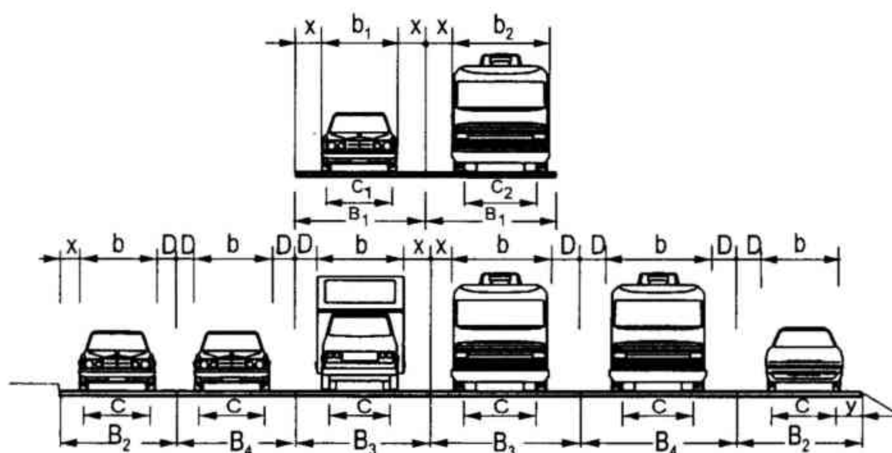
b - chiều rộng thùng xe (m);

c - khoảng cách giữa hai bánh xe (m);

D - khoảng cách giữa thân xe với mép làn xe cùng chiều (m);

x - khoảng cách giữa thân xe với mép làn xe ngược chiều và giữa thân xe với bó vỉa (m);

y - khoảng cách giữa trục vệt bánh xe với mép mặt đường.



Hình 3.4. *Xác định chiều rộng các làn xe theo Đamakhaep.*

Các trị số x, y và D được tính theo công thức sau:

$$x = y = 0,5 + 0,005\ v\ (m) \tag{3.1}$$

$$D = 0,35 + 0,005\ v\ (m) \tag{3.2}$$

với v - tốc độ xe tính toán (km/h).

Đối với trường hợp hai bên đường xe chạy có bó vỉa, chiều rộng của làn xe một bên giáp bó vỉa, một bên là làn ngược chiều là :

$$B_1 = x + b + x = 2x + b \tag{3.3}$$

Nếu làn xe kia cùng chiều thì chiều rộng của nó là :

$$B_2 = D + b + x \tag{3.4}$$

Nếu hai bên đều là làn xe cùng chiều, thì chiều rộng là:

$$B_4 = D + b + D = 2D + b \tag{3.5}$$

Đối với trường hợp đường xe chạy không có bó vỉa, lề đường cao bằng mặt đường, chiều rộng làn xe ở mép đường.

$$B_1^{'} = \frac{b+c}{2} + y + x \text{ (làn xe bên cạnh ngược chiều)} \tag{3.6}$$

$$B_2^{'} = \frac{b+c}{2} + y + D \text{ (làn xe bên cạnh cùng chiều)} \tag{3.7}$$

Trên đây là công thức tính toán chỉ có ý nghĩa tham khảo; trong thực tế, khi thiết kế theo cấp hạng đường, phần đường chiều rộng một làn xe được lấy là 3,0m; 3,5m; 3,75m. Chiều rộng phần đường xe chạy lấy theo tiêu chuẩn quy phạm. Theo quy phạm kỹ thuật thiết kế đường phố, đường quảng trường đô thị (20TCN - 104 - 83); chiều rộng làn xe và số làn xe được lấy theo bảng sau:

Bảng 3.1. Chiều rộng làn xe và số làn xe (20TCN - 104 - 83)

Cấp loại đường phố	Chiều rộng một làn xe (m)	Số làn xe hai chiều		Dải an toàn giữa phần xe chạy với bó vỉa (m)
		Tối thiểu	Kể cả dự phòng	
Đường cao tốc	3,75	6	8	1,0
Cấp đô thị:				
Đường phố chính cấp I	3,75	6	8	0,75
Đường phố chính cấp II	3,75	4	6	0,5
Cấp khu vực:				
Đường khu vực	3,75	4	6	-
Đường vận tải.	3,75	2	4	-
Cấp thành phố:				
Đường khu nhà ở	3,00	2	4	-
Đường khu công nghiệp	3,75	2	4	-
Đường phố	3,5	2	2	-

3.1.3.2. Chiều rộng phần đường xe cơ giới

a) Trên đoạn đường thẳng

Chiều rộng phần đường xe chạy trên đoạn đường thẳng phụ thuộc vào cường độ giao thông trong giờ cao điểm và cấp đường phố thiết kế.

Chiều rộng phần đường xe chạy bằng tổng chiều rộng của các làn xe (cả hai chiều) thiết kế và dải an toàn.

$$B = n.a + 2b \text{ (m)} \qquad (3.8)$$

Trong đó :

n - số làn trên mặt cắt ngang đường phố;

a - chiều rộng một làn xe (m);

b - chiều rộng một dải an toàn, giữa đường xe chạy với bó vỉa (m);

$$n = \frac{M_C}{Z.N_G} \qquad (3.9)$$

M_C - số lượng xe trong giờ cao điểm (xe/h) hay cường độ giao thông trong giờ cao điểm;

N_G - khả năng thông xe của một làn khi xét tới ảnh hưởng của ngả giao nhau (xe/h);

Z - hệ số sử dụng năng lực thông hành, lấy Z = 0,5÷0,7.

Sau khi có số làn xe thiết kế, số lượng làn xe phải là số nguyên, số chẵn và không lấy lớn hơn 8 làn xe. Khi số làn xe lớn hơn 8 tổ chức giao thông sẽ rất phức tạp. Cần kiểm tra xem với số làn xe đó có đáp ứng được yêu cầu xe chạy chưa. Công thức kiểm tra :

$$\Sigma M \geq M_C \tag{3.10}$$

$$\Sigma M = 2N_G (\gamma_1 + \gamma_2 + ...+ \gamma_n) \tag{3.11}$$

Với γ - hệ số ảnh hưởng giữa các làn xe (xem chương 2, mục 2.4.2.3).

Nếu kiểm tra (3.10) thỏa mãn thì số làn xe thiết kế đủ để cho cường độ thông xe trong giờ cao điểm thông hành.

Nếu $\Sigma M < M_C$ thì số làn xe thiết kế không phục vụ đủ số xe chạy trên đường nên phải thiết kế thêm các làn xe. Khả năng thông xe có thể tính toán theo nội dung đã trình bày ở chương 2. Trong trường hợp không có số liệu, có thể tham khảo quy định của Nga.

b) Chiều rộng phần xe chạy trên đường cong nằm

Khi xe chạy trên đoạn đường cong nằm, quỹ đạo của bánh xe trước và bánh xe sau không trùng nhau. Bánh xe sau phía trong quỹ đạo nhỏ nhất, còn bánh xe trước phía ngoài có quỹ đạo hoạt động lớn nhất. Vì vậy đối với những đoạn đường cong nằm, mỗi làn xe cần được mở rộng thêm.

Trị số của độ mở rộng e xác định theo công thức sau:

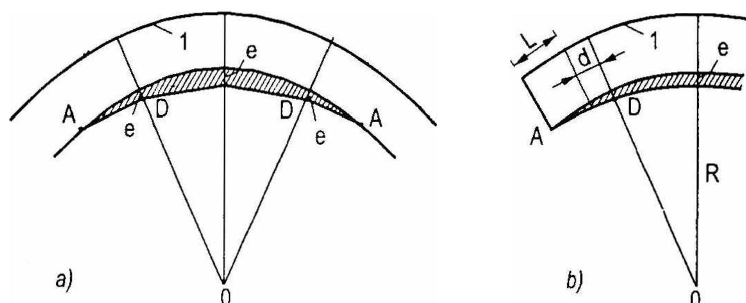
$$e = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,05V}{R} \tag{3.12}$$

Trong đó: L - chiều dài từ trục bánh xe sau đến chắn trước của ôtô (m).

R - bán kính đường cong nằm (m).

V - tốc độ xe thiết kế (km/h).

Với đường hai làn xe (hình 3.5):



Hình 3.5: *Mở rộng phần đường xe chạy trên đường cong*

a) Giữ nguyên độ mở rộng trên toàn chiều dài đường cong;

b) Đường nối mở rộng bố trí theo tiếp tuyến của đường mở rộng trên đường tròn.

1: Đường tròn; AD: Đoạn nối mở rộng; L: Đoạn nâng siêu cao; e. Độ mở rộng.

Bảng 3.3. Trị số mở rộng làn xe ở nơi có đường cong nằm (20TCN - 104 - 83)

Bán kính đường cong (m)	750 ÷ 550	550 ÷ 400	400 ÷ 300	300 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 90	90 ÷ 60
Trị số mở rộng cho một làn xe (m)	0,2	0,25	0,3	0,35	0,5	0,6	0,7

Chiều rộng của đoạn đường cong sẽ là :

$$B_c = B + n.e = n.a + 2b + n.e \quad (3.13)$$

$$B_c = n(a + e) + 2b \quad (3.14)$$

Mở rộng trên đường cong chủ yếu là mở rộng thêm mặt đường, chứ không nhất thiết mở rộng nền đường. Chỉ khi nào sau khi mở rộng mặt đường, lề đường không đủ chiều rộng tối thiểu quy định thì mới mở rộng nền.

Bề rộng tối thiểu của lề đường sau khi mở rộng mặt đường được quy định đối với vùng núi là 0,5m khi có thiết bị phòng hộ và 1,00m khi không thiết bị phòng hộ; đối với các đường khác là 1,00m.

Thông thường bố trí phần mở rộng thêm về phía bụng đường cong. Ở vùng núi trong trường hợp khó khăn cho phép bố trí phần mở rộng thêm ở phía lưng đường cong hay cả hai phía.

Đối với những đường cong cải tạo trong điều kiện khó khăn cho phép châm chước trị số mở rộng phần xe chạy khi có căn cứ kinh tế kỹ thuật thoả đáng.

Đoạn nối mở rộng bố trí trùng với đoạn nối siêu cao và đường cong chuyển tiếp.

3.1.4. Chiều rộng phần đường xe thô sơ

Trong đô thị nước ta hiện nay có nhiều loại xe thô sơ: Xe đạp, xe xích lô, xe súc vật kéo, xe ba gác v.v... Chúng đã và đang đóng một vai trò quan trọng trong chuyên chở người và hàng hoá ở các đô thị, trong đó, xe đạp chiếm vị trí chủ yếu nhất.

3.1.4.1. Khả năng thông xe của xe đạp

Khả năng thông xe lý thuyết của một làn xe đạp có thể tính toán theo sơ đồ: Xe đạp bố trí thành một hàng dọc, xe nọ chạy cách xe kia một cự ly cần thiết đảm bảo an toàn, chạy tốc độ nhất định và được tính theo công thức :

$$N_1 = \frac{3600v}{l + t.v + c.v} \text{ (xe/h)} \quad (3.15)$$

Trong đó, theo tác giả Nguyễn Khải:

v - tốc độ tính toán (m/s); v = 3,34 m/s (v = 12km/h);

l - chiều dài xe đạp (m), l = 1,9 m;

t - thời gian phản ứng tâm lý của người đi xe (s), t = 0,5s;

c - hệ số hãm xe ; $c = \frac{1}{2g\gamma}$;

g - gia tốc trọng trường (g = 9,8 m/s^2);

γ - hệ số phụ thuộc vào khả năng hãm xe; với xe đạp: $\gamma = 0,2 \div 0,25$.

Giống như ôtô, khả năng thông xe của xe đạp bị ảnh hưởng của nhiều nhân tố: Do các nút giao cắt, do xe chạy giờ cao điểm cường độ đông..., nên khả năng thông xe thực tế N_t của một làn xe giảm đi:

$$N_t = k.N_l \qquad (3.16)$$

k - hệ số giảm khả năng thông xe: $k = 0,5 \div 0,6$; với k = 0,5, N_t = 1000 xe/h.

Quy phạm 20 TCN-104-83 quy định khả năng thông hành một làn xe đạp 300 xe/h.

3.1.4.2. Chiều rộng của đường xe đạp và xe thô sơ

Chiều rộng của đường xe đạp quyết định ở số làn xe và chiều rộng của một làn xe. Số làn xe một chiều cần thiết:

$$n = \frac{N}{N_t} \qquad (3.17)$$

Trong đó:

N - cường độ xe một chiều lúc giờ cao điểm trong tương lai;

N_t - khả năng thông xe thực tế của một làn xe đạp.

Bề rộng phần xe đạp được lấy như sau:

Bảng 3.4. Bề rộng phần xe đạp (theo 20TCN - 104 - 83)

Bề rộng phần xe chạy (m)	Khi xây dựng mới	Khi xây dựng trong điều kiện hạn chế
1 làn xe cho một chiều	1,00	0,7
2 làn xe cho một chiều	1,75	1,5
2 làn xe cho hai chiều	2,00	1,70

Liên Xô cũ quy định chiều rộng xe đạp như sau :

Trong đô thị :

Đường xe đạp một làn xe 1,5 m.

Đường xe đạp hai làn xe 2,5 m.

Đường xe đạp hai làn xe 3,5 m.

Ngoài đô thị :

Đường xe đạp một làn xe 1,0 m.

Đường xe đạp hai làn xe 1,75 m.

Đường xe đạp hai làn xe 2,0 m.

Tây Đức quy định chiều rộng một làn xe đạp 1,0m.

Chiều rộng phần đường xe đạp B có thể tính bằng công thức :

$$B = (1 \div 1,1)\,n + 0,5m;$$ với n là số làn xe đạp (m).

Khi xác định chiều rộng đường xe đạp và xe thô sơ cần có điều chỉnh thích đáng về chiều rộng để đảm bảo các loại xe thô sơ khác (nếu có) cùng chạy một cách an toàn. thông suốt; tối thiểu giữa xe đạp và xe xích lô từ 0,8 ÷ 1,0m; giữa xe đạp và xe thô sơ khác 0,40 ÷ 0,50 m.

3.2. BỐ TRÍ ĐƯỜNG XE CƠ GIỚI VÀ XE THÔ SƠ

Trong đô thị , đường xe cơ giới và xe thô sơ có thể bố trí theo các phương án sau :

- Xe cơ giới và xe thô sơ chạy chung (chạy hỗn hợp) trên cùng một phần xe chạy, ngăn cách bằng vạch sơn hoặc giải phân cách mềm.

- Xe cơ giới và xe thô sơ chạy riêng trên phần đường khác nhau trong cùng một mặt cắt ngang;

- Xe thô sơ chạy riêng theo mạng đường riêng.

3.2.1. Xe cơ giới và xe thô sơ chạy chung

Hình thức này, nói chung không an toàn, hạn chế tốc độ xe cơ giới và dễ gây tình trạng rối loạn giao thông, cho nên chỉ thích hợp trong trường hợp lưu lượng xe cơ giới, thô sơ không lớn, yêu cầu tốc độ xe cơ giới không cao, trên những đường phố khu vực. Dùng hình thức bố trí này có thể tận dụng được diện tích mặt đường cho xe chạy.

Chiều rộng phần xe chạy hỗn hợp không thể đơn thuần xác định được theo phương pháp nêu trên, cần có sự kết hợp với điều tra thực tế các dòng xe cơ giới và thô sơ trên tuyến. Khi cho xe chạy chung, sự phân bố xe chạy có xu hướng như sau: Xe cơ giới chạy ở giữa, xe thô sơ chạy ở hai bên. Theo kinh nghiệm của Trung quốc, khả năng thông xe của đường xe chạy hỗn hợp được ghi ở bảng 3.5:

Bảng 3.5. Khả năng thông xe của đường xe chạy hỗn hợp

Chiều rộng đường (m)	Xe cơ giới trong giờ cao điểm	Giờ cao điểm xe thô sơ
9	Xe cơ giới ≤ 500 xe/h Xe cơ giới ≤ 600 xe/h	Xe cơ giới ≤ 1000 xe/h Xe cơ giới ≤ 100 xe/h
12	Xe cơ giới ≤ 600 xe/h Xe cơ giới ≤ 500 xe/h	Xe cơ giới ≤ 2000 xe/h Xe cơ giới ≤ 200 xe/h

3.2.2. Xe cơ giới và xe thô sơ chạy riêng trên phần đường khác nhau trong cùng một mặt cắt ngang

Đường xe cơ giới và xe thô sơ được tách riêng và cách nhau bằng đải phân cách (dải phân cách cứng hoặc mềm hoặc bằng vạch sơn). Chiều rộng đường xe cơ giới và xe thô sơ có thể được xác định bằng các phương pháp nêu trên. Dùng dải phân cách bảo đảm chạy xe an toàn hơn dùng vạch sơn; khi dùng dải phân cách mềm, có thể điều chỉnh chiều rộng phần đường xe cơ giới và xe thô sơ dễ dàng tuỳ theo cường độ xe chạy. Nếu dùng vạch sơn cách ly, thì thực tế xe cơ giới hoặc xe thô sơ vẫn có thể lấn sang phần đường của nhau, không an toàn. Tuy nhiên, có thể tận dụng phần đường của nhau khi cần thiết. Khi lưu lượng xe lớn, tốc độ xe cơ giới cao, nên sử dụng dải phân cách cứng tách dòng xe cơ giới và dòng xe thô sơ.

Khi bố trí đường xe thô sơ cách ly hẳn với đường xe cơ giới, cũng có thể bố trí xe thô sơ theo làn đường riêng biệt nằm chính giữa đường xe cơ giới, tách đường xe cơ giới theo hai chiều, hoặc bố trí lệch hẳn về một phía mặt cắt ngang đường khi địa hình không cho phép bố trí đối xứng ở hai bên.

Ta cần quan tâm việc tổ chức đường giao cùng mức giữa các dòng xe cơ giới và xe thô sơ tại các nút giao cắt và có các giải pháp thiết kế đặc biệt tại các nút giao cắt.

Khi xe cơ giới chạy với tốc độ cao trên đường phố chính, nhất là đường phố chính cần dùng dải phân cách, cách ly xe chạy ngược chiều để đảm bảo an toàn.

Trường hợp không có số liệu để xác định số làn xe thô sơ (đối với các tuyến thiết kế mới), có thể dùng số làn xe tối thiểu như sau:

5m × 2 làn đối với đường phố chính cấp I.

3m × 2 làn đối với đường phố chính cấp II và đường khu công nghiệp kho tàng.

3.2.3. Bố trí đường xe thô sơ theo mạng đường riêng

Mạng đường riêng dành cho xe thô sơ do quy hoạch hệ thống giao thông quyết định. Trường hợp này việc thiết kế áp dụng toàn bộ tiêu chuẩn kỹ thuật của đường xe thô sơ.

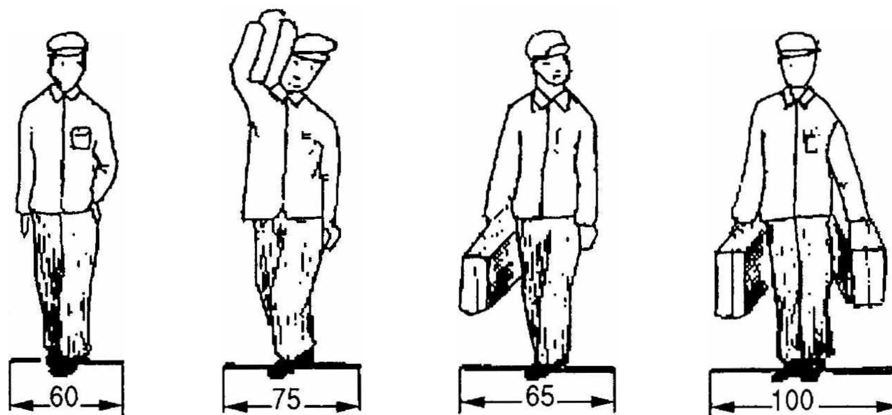
3.3. HÈ PHỐ (VỈA HÈ)

Hè phố cũng là bộ phận quan trọng của đường đô thị. Công dụng của nó là để cho người đi bộ, bố trí trồng cây xanh, thảm cỏ, cột điện và công trình ngầm, cũng có thể làm nơi đỗ xe và đất dự trữ mở rộng đường sau này khi có nhu cầu.

Chiều rộng hè phố bao gồm chiều rộng của dải đường đi bộ, dải trồng cây, dải bố trí cột điện. Đối với công trình ngầm cấp điện, cấp nước, thoát nước, cáp quang... cũng có thể bố trí dưới hè phố.

3.3.1. Chiều rộng dải đường đi bộ

Chiều rộng dải đường đi bộ phụ thuộc vào chiều rộng một làn đi bộ và số làn đi bộ cần thiết. Chiều rộng một làn quyết định ở người đi bộ có mang vác gì không, tuỳ thuộc vào chức năng của các tuyến đường phố. Thường chiều rộng một làn người đi bộ từ 0,6 ÷ 1,0m và thông thường dùng 0,75m để tính toán. Ở các hè đường có hoạt động thương mại, nhà ga, bến xe do hoạt động của người qua lại có mang vác hành lý nên chiều rộng này có thể dùng 0,85m để tính toán.



Hình 3.6. Chiều rộng của người đi bộ trong các tình huống khác nhau.

Số làn đi bộ cần thiết xác định được theo khả năng thông hành của một làn đi bộ và số người lúc giờ cao điểm. Số người đi lại giờ cao điểm do quan trắc hay dự báo xác định. Khả năng thông hành của một làn đi bộ có thể được xác định như sau:

$$N = \frac{1000V}{L} \text{ (người/h)} \qquad (3.18)$$

Trong đó :

L - khoảng cách giữa người đi trước và người đi liền sau (m).

V - tốc độ đi bộ (km/h).

Căn cứ vào quan trắc và tính toán, khả năng thông hành của một làn đi bộ được ghi ở bảng (3.6).

Bảng 3.6. Khả năng thông hành của làn người đi bộ

Tính chất đường phố	V (km/h)	L (m)	N (người/h)
Đường phố nói chung	3 - 4	3 - 4	800 - 1000
Đường phố náo nhiệt	2 - 3	3 - 4	600 - 700
Đường đi dạo	1 - 2	3 - 4	300 - 500
Đường đi đến sân vận động, cung văn hoá	4 - 5	3 - 4	1000 - 1200

Khả năng thông hành của đường đi bộ có thể xác định theo công thức kinh nghiệm sau :

$$N = 3600BVP \text{ (người/h)} \quad (3.19)$$

Trong đó :

N - khả năng thông hành của đường đi bộ (hoặc lưu lượng giờ cao điểm);

B - chiều rộng dải đường đi bộ (m).

V - tốc độ đi bộ (m/s)

P - mật độ người trên 1 m^2 (người/m^2).

V, P có thể quan trắc xác định, biết N có thể xác định được chiều rộng dải đường đi bộ (B). Công thức trên có thể dùng để kiểm tra khả năng thông hành của đường đã có. Quy phạm kỹ thuật thiết kế đường đô thị 20TCN-104-83 quy định khả năng thông hành của một làn đi bộ trên hè phố (bảng 3.7):

Bảng 3.7. Khả năng thông hành của người đi bộ

Điều kiện đi bộ	Khả năng thông hành 1 làn đi bộ (người/h)
Dọc hè có cửa hàng, nhà cửa	700
Hè tách xa nhà, cửa hàng	800
Hè trong dải cây xanh	1000
Đường dạo chơi	600
Dải đi bộ cắt qua đường ô tô (giao cùng cao độ)	1200

Số làn đi bộ cần thiết (n) được xác định như sau :

$$n = \frac{Q}{N} \quad (3.20)$$

Trong đó : Q - số người đi bộ giờ cao điểm (người);

N - khả năng thông hành của một làn đi bộ (người/h).

Theo quy phạm kỹ thuật thiết kế 20TCN-104-83, số làn đi bộ và chiều rộng dải đi bộ tối thiểu quy định cho từng loại đường theo bảng 3.8.

Bảng 3. 8. Chiều rộng hè đi bộ

Cấp loại đường phố	Chiều rộng tối thiểu của hè (m)			
	Xây dựng đợt đầu		Tương lai	
	Số làn	Chiều rộng	Số làn	Chiều rộng
Đường phố chính cấp I, II	6	4,50	10	7,50
Đường phố khu vực	4	3,00	8	6,00
Đường khu nhà ở	3	2,25	6	4,50
Đường khu công nghiệp	2	1,50	6	4,50
Đường đi bộ	4	3,00	6	4,50

3.3.2. Bố trí cây xanh trên đường phố

Cây xanh ở đường phố, đường cần tạo được bóng mát cho hè và phần xe chạy, bảo vệ cho nhà ở hai bên đường bớt tiếng ồn, bụi, hơi độc do ô tô xả ra và thoả mãn các yêu cầu kiến trúc, mỹ thuật, đồng thời đáp ứng yêu cầu về vệ sinh (do hoa, quả, lá cây, mùi hương gây ra) và màu sắc trang trí theo mùa trong năm. Việc chọn loại cây xanh trồng trên đường phố tuỳ thuộc vào vùng khí hậu, điều kiện thổ nhưỡng của từng vùng và được nghiên cứu cho tầng đô thị. Đặc biệt phải chú ý tới chiều cao, đường kính và chiều rộng tán cây. Những yếu tố đó ảnh hưởng tới các công trình ngầm và nổi trên mặt cắt ngang đường phố trong quá trình khai thác.

Thiết kế cây xanh trên đường phố, đường, quảng trường tuỳ thuộc vào cấp loại và chiều rộng của chúng, tính chất của nhà cửa ... thường được trồng theo các dạng :

- Trồng cây thành một hoặc nhiều hàng trên hè;
- Trồng thành hàng trên các dải tách riêng có thảm cỏ hoặc không có thảm cỏ;
- Hàng rào cây bụi;
- Dải trồng cỏ, trồng hoa với những cây riêng lẻ hay khóm cây và bụi cây;

Các hình thức bố trí của cây trên hè phố như hình 3.7;

Việc bố trí cây xanh trên bình đồ và mặt cắt ngang đường phố phải chú ý bảo đảm tầm nhìn tối thiểu cho các phương tiện tham gia giao thông.

Bảng 3. 9. Chiều rộng tối thiểu dải đất trồng cây (20TCN-104-83)

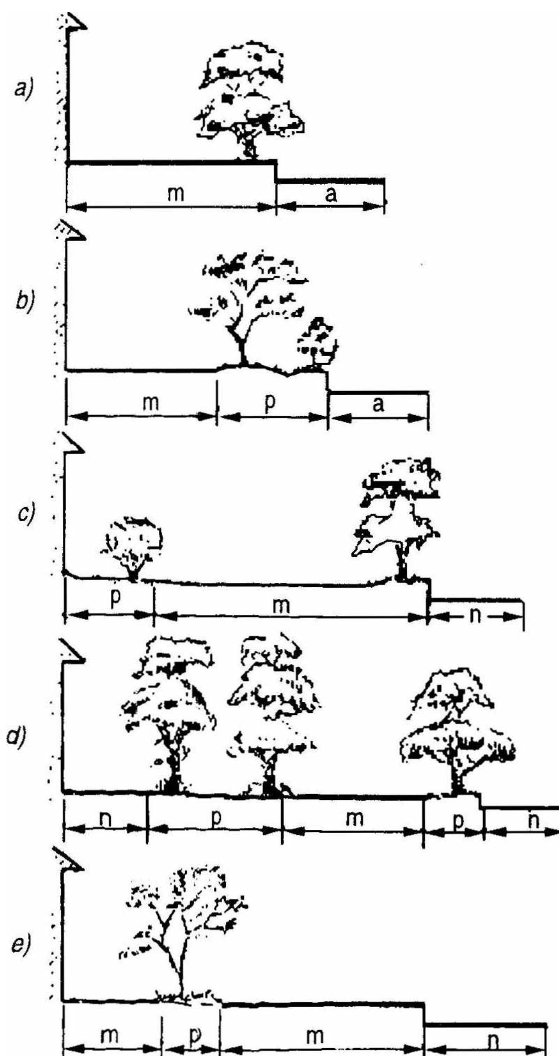
Loại cây	Chiều rộng tối thiểu (m)
Cây trồng 1 hàng	2
Cây trồng 2 hàng	5
Dải cây bụi, bãi cỏ	1
Vườn cây trước nhà 1 tầng	4
Vườn cây trước nhà nhiều tầng	6

Hình 3.7a là trường hợp hè phố hẹp, chỉ trồng được một hàng cây, cây được trồng trong hố vuông hoặc tròn, dải trồng cây tiếp giáp với phần xe chạy. Thích hợp với nơi có nhiều cửa hàng, có nhiều công trình công cộng. Đó là hình thức thường gặp nhất, thuận lợi để xe đạp, xe máy trên vỉa hè và an toàn cho bộ hành.

Hình 3.7b bố trí dải trồng cây sát chỉ giới xây dựng.

Hình 3.7c trong điều kiện quỹ đất cho phép trên vỉa hè ta có thể trồng nhiều hàng cây và giữa các hàng cây xanh là đường đi bộ.

Kích thước chiều rộng dải đất trồng cây tối thiểu theo 20TCN-104-83 được quy định như trong bảng 3.9.



Hình 3.7: Các hình thức bố trí cây xanh và đường đi bộ trên hè phố

3.3.3. Độ cao bó vỉa, độ dốc ngang và độ dốc dọc hè phố

Để đảm bảo an toàn cho người, độ cao bó vỉa phải cao hơn phần xe chạy 8 - 20 cm, thông thường 15 cm. Để đảm bảo thoát nước, hè phố phải dốc về phía lòng đường với độ dốc ngang tuỳ thuộc vào vật liệu mặt hè. Thông thường, độ dốc ngang hè i = 1,5 - 2,5% đối với mặt hè lát gạch, tấm bê tông; i = 2 - 3% đối với mặt hè lát đá sỏi, đá dăm; i = 3% đối với mặt hè đất cát; i = 1,5 - 2% đối với mặt hè làm bằng bê tông nhựa. Độ dốc dọc hè phố thường cùng hướng với độ dốc dọc phần đường xe chạy. Tuy nhiên, có khi do kết hợp địa hình, để giảm khối lượng đào, đắp, độ dốc dọc của hè có thể có trị số khác. Khi độ dốc dọc ở hè vượt quá 12% thì phải làm thành bậc.

3.4. BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH NGẦM DƯỚI ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

3.4.1. Các nguyên tắc bố trí công trình đường dây, đường ống ngầm

1. Nên hết sức tránh bố trí công trình ngầm nằm dưới phần xe chạy, nhất là đối với đường phố chính có nhiều xe cộ qua lại và nên đặt dưới hè phố, dưới dải trồng cây bụi,

thảm cỏ hay dưới phần hành lang kỹ thuật để tránh đào phá mặt đường trong xây dựng và sửa chữa công trình làm ảnh hưởng tới giao thông. Trường hợp các bộ phận đường ống chôn sâu, ít phải tu sửa (như cống thoát nước mưa, cống thoát nước thải) thì có thể đặt dưới phần đường xe chạy.

2. Các công trình ngầm phải đặt song song với nhau và song song với tim đường hay chỉ giới đường đỏ. Cùng một loại công trình không di chuyển từ bên này sang bên kia để tránh tăng điểm giao cắt và tốn diện tích.

3. Mỗi loại nhóm công trình ngầm cần bố trí theo vị trí chiều sâu đã được xác định để có thể giải quyết thoả đáng chỗ giao nhau giữa chúng.

Khi có mâu thuẫn trong bố trí, cần căn cứ vào tình hình cụ thể mà giải quyết theo *nguyên tắc* :

+ Công trình mới phải ***nhường*** công trình có sẵn.

+ Công trình tạm phải ***nhường*** công trình vĩnh cửu.

+ Đường ống có áp phải ***nhường*** đường ống tự chảy.

+ Đường ống có đường kính nhỏ phải ***nhường*** ống có đường kính lớn.

+ Công trình dễ uốn phải ***nhường*** công trình khó uốn.

+ Công trình dễ thi công phải ***nhường*** công trình khó thi công.

4. Không được bố trí hai đường ống chạy song song cái trên cái dưới.

5. Các đường dây, đường ống ít đường nhánh, chôn sâu nên đặt ở gần phần đường xe chạy. Những đường dây, đường ống nhiều nhánh, chôn nông nên bố trí xa phần đường xe chạy.

6. Khi cải tạo đường phố cũ phải nâng cấp mở rộng mặt đường cần có kế hoạch di chuyển các công trình ngầm dưới phần xe chạy như cáp điện, cáp quang, cấp nước...

7. Giữa các đường dây, đường ống ngầm với công trình xây dựng, cây xanh, cột điện, khi bố trí trên mặt bằng và mặt cắt phải có khoảng cách an toàn theo quy định của bảng theo quy phạm thiết kế đường đô thị 20TCN-104-83:

Bảng 3.10. Bố trí công trình ngầm

Loại công trình ngầm	Chiều sâu tối thiểu đặt công trình ngầm tính từ đỉnh ống (m)
Ống cấp nước đặt dưới vỉa hè	0,5
Ống cấp nước đặt dưới phần xe chạy :	
Đường kính ống bằng và nhỏ hơn 300mm	0,8
Đường kính ống bằng và lớn hơn 300mm	1,0
Cáp (tới vỏ cáp) đặt dưới vỉa hè	0,7
Cáp (tới vỏ cáp) đặt dưới lòng đường	1,0

Bảng 3.11

Tĩnh không tối thiểu đặt công trình ngầm tới móng nhà cửa, thiết bị (m)			
Loại công trình ngầm	Ống cấp nước	Ống thoát nước	Cáp điện, cáp thông tin
Mép móng nhà và công trình	5	3	0,6
Cột điện (chiếu sáng tiếp xúc, thông tin)	1,5	3	0,5
Tới ray đường sắt gần nhất nhưng không nhỏ hơn chiều sâu hào, tính từ chân nền đắp		4	3
Đường xe điện (tính từ đường ray ngoài cùng)	2	1,5	2
Tường hay trụ cầu vượt, hầm tính từ cao độ nền của móng hay thấp hơn	5	3	0,5
Tới bó vỉa	2	1,5	1,5
Tới mép ngoài của rãnh bên hay chân của nền đắp	1	1	2

Bảng 3.12

Tĩnh không tối thiểu giữa các công trình ngầm theo chiều ngang (m)				
Loại công trình	Ống cấp nước	Ống thoát nước	Cáp điện lực	Cáp thông tin
Ống cấp nước	0,7	1,5	0,5	0,5
Ống thoát nước	1,5	0,4	0,5	0,5
Cáp điện lực	0,5	0,5	0,1 - 0,5	0,5
Cáp thông tin	0,5	0,5	0,5	

Bảng 3.13

Tĩnh không tối thiểu giữa các công trình theo chiều đứng (m)				
Loại công trình	Ống cấp nước	Ống thoát nước	Cáp điện lực	Cáp thông tin
Ống cấp nước		0,1	0,5	-
Ống thoát nước	0,1	0	0,1	0,1
Cáp điện lực 35kv	0,5	1,0	1,25	0,3
Cáp điện lực 35kv - 110kv	1,0	1,0	0,5	0,5
Cáp thông tin	0,2	-	0,5	0,5

3.4.2. Các công trình đường dây, đường ống và cách bố trí

3.4.2.1. Các công trình đường dây

Các loại đường dây kỹ thuật đô thị bao gồm :

- Hệ thống đường dây điện cao thế;
- Hệ thống đường dây điện hạ thế;

- Hệ thống đường dây điện chiếu sáng, trang trí, đường phố;

- Hệ thống đường dây điện điều khiển giao thông;

- Hệ thống đường dây cáp quang thông tin liên lạc của bưu chính viễn thông, an ninh, quốc phòng...;

- Hệ thống cáp quang chuyên ngành như cấp nước, giao thông đô thị .

3.4.2.2. Các công trình đường ống

- Đường ống cấp : + Tuyến ống áp lực.

  + Tuyến dịch vụ.

  + Tuyến cứu hoả, rửa đường, tưới cây...

- Đường ống thoát nước mưa.

- Đường ống thoát nước thải.

- Đường ống cấp ga, cấp nhiệt.

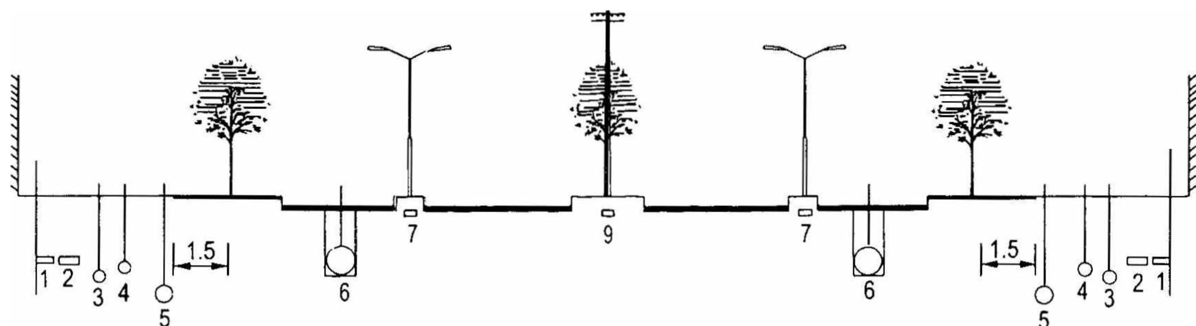
- Đường ống chuyên dụng như xăng dầu, khí nén ...

3.4.2.3. Các phương pháp bố trí đường dây, đường ống ngầm

Có ba cách bố trí công trình đường dây, đường ống ngầm:

a) Bố trí riêng lẻ công trình dưới hè.

* *Bố trí công trình đường dây, đường ống đối xứng:* hai bên vỉa hè (hình 3.8). Sử dụng khi đường phố tương đối rộng, trên 40m để giảm chiều dài các đường ống nhánh. Hạn chế những trường hợp phải đào ngang mặt đường.



Hình 3.8: *Công trình ngầm bố trí theo hình thức đối xứng.*
1. Cáp điện sinh hoạt: 2. Cáp quang; 3. Cáp nước áp lực thành phố; 4. Ống dịch vụ khu vực; 5. Ống nước thải; 6. Ống nước mưa; 7. Cáp điện đường; 9. Cáp điện cao thế.

* *Bố trí không đối xứng*: Khi đường khu vực có chiều rộng nhỏ hơn 30 ÷ 35m.

Để quyết định dùng hình thức nào, phải tính toán kinh tế. Khi số lượng đường ống nhánh về cả hai bên đường phố bằng nhau và chiều dài của chúng cũng bằng nhau, giá

thành 1km chiều dài công trình ngầm đặt theo hình thức đối xứng (S_1) có thể được tính theo công thức sau :

$$S_1 = 2.P_0 + n.l_0.p + n.P_k \text{ (đồng)} \quad (3.21)$$

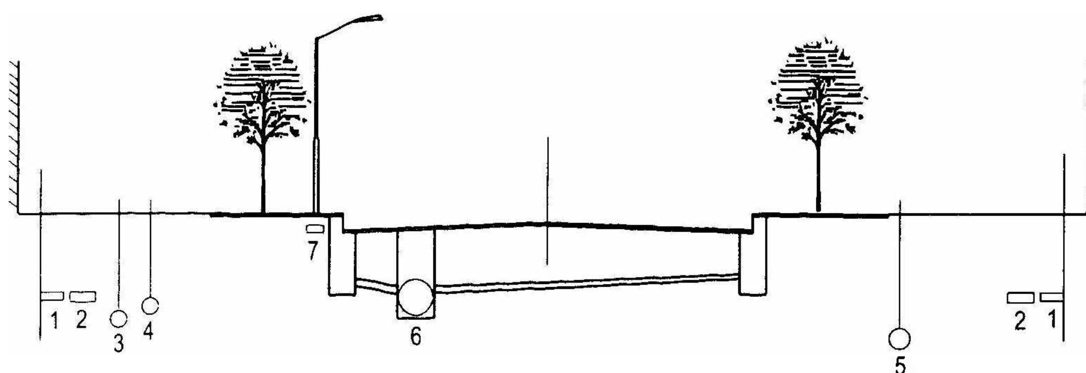
Trong đó:

P_0 - giá thành đặt 1km dài một bên đường ống chính (đồng).

l_0 - chiều dài đường ống nhánh đến đường ống chính (m).

p - giá thành đặt 1m dài đường ống nhánh (đồng).

P_k - giá thành một giếng kiểm tra (đồng).



Hình 3.9: *Công trình ngầm bố trí không đối xứng.*
1. Cáp điện sinh hoạt; 2. Cáp quang; 3. Cấp nước áp lực thành phố;
4. Ống dịch vụ khu vực; 5. Ống thoát nước thải; 6. Ống nước mưa; 7. Cáp điện đường.

Giá thành 1km chiều dài công trình ngầm đặt theo hình thức không đối xứng S_2 được tính như sau :

$$S_2 = P_1 + \frac{n.B.p}{2} + n.P_k \quad (3.22)$$

Trong đó:

P_1 - giá thành đặt 1 km dài đường ống chính (đồng).

n - số lượng đường ống nhánh và giếng kiểm tra ở cả hai bên đường phố trên 1km dài đường ống chính.

B - chiều rộng đường đỏ (m).

p, P_k - có ý nghĩa như trên.

Khi : $S_2 \geq S_1$ thì dùng hình thức bố trí đối xứng là hợp lý.

b) Bố trí đường dây, đường ống vào chung một hào :

Phương pháp này áp dụng khi xây dựng đồng bộ các công trình ngầm cùng một lúc. Người ta đào một hào rộng rồi cùng đặt các tuyến ngầm được bố trí (hình 3.10).

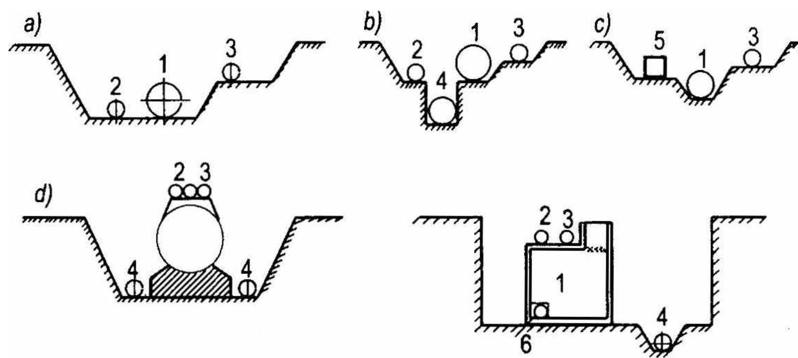
Hình thức bố trí này có thể cơ giới hoá toàn bộ công tác đất và phần lớn công tác đặt đường ống. Vì đặt chung trong một hào, nên có thể rút ngắn cự ly giữa các đường ống, giảm được khối lượng đất đào, đắp, hạ giá thành xây dựng.

Khoảng cách nằm ngang (L) giữa các công trình có thể tính theo công thức sau :

$$L = h + 0,4 \text{ (m)} \qquad (3.23)$$

Trong đó: h- chênh lệch về độ cao theo chiều đứng giữa hai bên đường ống đặt gần nhau (m).

Hào các công trình ngầm có thể đặt dưới đường xe chạy, dưới dải đất trồng cây bụi, thảm cỏ, đường đi bộ và được xây dựng trước khi làm mặt đường và hè đường.



Hình 3.10: Bố trí công trình đường dây, đường nước ngầm trong một hào chung.
1. Ống thoát nước mưa; 2. Ống cấp nước; 3. Ống dẫn ga;
4. Ống thoát nước bẩn; 5. Cấp nhiệt; 6. Ống nước thải áp lực.

c) Bố trí công trình ngầm trong hầm chung (cô lếch tơ)

Đây là phương pháp tiên tiến nhất, đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao của giao thông, vì không phải đào lấp mặt đường khi sửa chữa công trình ngầm (hình 3.11). Hầm này được thi công đồng thời với khi làm đường. Kích thước hầm phải rộng vừa đủ để bố trí hết các đường dây, đường ống và người đi lại kiểm tra. Thông thường dùng kích thước cao 1,8 ÷ 3m; rộng 1,5 ÷ 27m. Trong hầm tuỳ theo từng điều kiện và yêu cầu cụ thể mà người ta có thể bố trí hầm chung hoặc hầm riêng; tiết diện của hầm có thể tròn, chữ nhật, vuông (hình 3.11).

Ưu điểm của việc dùng hầm ngầm này là

+ Việc bảo quản và kiểm tra các công trình ngầm dễ dàng.

+ Tăng tuổi thọ của các công trình ngầm.

+ Khi sửa chữa, không phải bóc lớp mặt đường.

+ Diện tích dùng đất ít.

+ Tránh được hiện tượng xâm thực của dòng điện hở đối với các công trình khác.

Hình 3.11: Các loại hầm đặt đường dây đường ống

a) Hầm chung tiết diện chữ nhật: 1. Ống thoát nước mưa; 2. Ống thu nước; 3. Giếng thăm; 4. Cáp điện; 5. Cáp thông tin; 6. Cấp nước; 7. Cấp nhiệt; 8. Rãnh; b) Hầm chung tiết diện hình tròn; 1. Cáp điện; 2. Cáp quang; 3. Đường ống cấp nước nóng; 4. Đường ống cấp nước; 5. Giá đỡ; 6, 7. Vỏ hầm

Những khuyết điểm của việc dùng hầm ngầm

* Các loại đường dây, đường ống đặt cùng một hầm, khi xảy ra sự cố, có thể làm ảnh hưởng, hư hỏng các công trình khác. Giá thành xây dựng công trình cao có thể tăng 3 ÷ 4 lần phương pháp riêng lẻ. Theo kinh nghiệm nước ngoài khu vực xây dựng hầm ngầm để đặt đường dây, đường ống ngầm có thể thu hồi vốn 5 ÷ 10 năm sau.

Khi xây dựng hầm ngầm, cần chú ý các điểm sau đây :

- Khi đặt hầm ngầm, cần chú ý khoảng cách từ đỉnh nắp hầm tới mặt vỉa hè phố < 0,35m; tới mặt đường xe chạy < 0,5m; mép hầm cách tường nhà < 1m; cách bó vỉa < 0,8m. Độ dốc dọc của hầm lấy bằng độ dốc dọc của đường.

- Để đảm bảo cho công nhân lên xuống kiểm tra và sửa chữa, trong hầm đặt các giếng kiểm tra tại chỗ đường giao nhau, chỗ đường vòng và trên đường thẳng cứ cách

75 ÷ 100 m lại có một giếng; ngoài ra cứ 300 ÷ 500m bố trí một lỗ rộng 1 × 1,5m để làm chỗ vận chuyển đường ống lên xuống. Ngoài ra cần bố trí các lỗ thông hơi, thoát khí và thiết bị an toàn.

3.4.2.4. Các loại đường dây nổi trên đường phố

Đường dây nổi trên đường phố bao gồm :

- Đường dây điện hạ thế nối vào trong nhà và ngoài đường.
- Đường dây điện cao thế.
- Đường dây điện trang trí, dây điện cho xe điện, tàu điện.
- Đường dây điện tín, điện thoại...
- Đường dây hệ thống đèn tín hiệu...

Các loại đường dây này, phần lớn treo ở trên không qua các cột điện, nhất là ở các đô thị chưa có điều kiện để xây dựng ngầm dưới đất. Ở các đô thị nước ta hiện nay các đường dây trên đường phố phần lớn được bố trí nổi theo hệ thống các cột điện hoặc các cột đỡ. Cột điện thường được bố trí trên hè phố, dải phân cách. Theo quy định cột điện cách mép bó vỉa < 35cm; cách nhà cửa và công trình khác < 1m; cột điện cao thế cách công trình xây dựng một khoảng nằm ngang 4,5 ÷ 5 m và thường đặt trên dải phân cách.

Khi bố trí cột điện, cần chú ý không để cây cối làm ảnh hưởng tới đường dây. Khoảng cách giữa các cột điện xác định theo yêu cầu sử dụng, nhưng vị trí các cột không được đặt ngay ở các cổng, cửa ra vào.

Khi đường dây mắc song song hay ngang qua đường và quảng trường, chỗ thấp nhất của đường dây phải cách mặt đường ít nhất như quy định ở bảng sau:

Bảng 3.14. Khoảng cách tĩnh không của đường dây

Loại dây điện	Cách mặt đường (m).
Điện thoại.	5,5m
Điện chiếu sáng.	5,5m
Dùng cho xe điện có ray.	5,5m
Dùng cho ôtô điện.	6,0m
Điện cao thế.	theo quy định riêng

Tại những đoạn đường và quảng trường có sử dụng mít tinh, diễu hành, các dây điện (trừ dây điện dùng cho xe điện) phải cách mặt đường < 8m; các dây điện cao thế phải có hệ thống thiết bị phòng hộ.

Trong điều kiện khả năng tài chính chưa cho phép xây dựng đường dây đi ngầm thì có thể xây dựng nổi và tuân theo quy định trên. Song về lâu dài phải nghĩ đến việc đưa đường dây đặt ngầm, do đó phải dự kiến phần đất để đặt đường dây trong tương lai.

3.4.3. Lập bản vẽ tổng hợp các công trình ngầm

3.4.3.1. Các cơ sở xây dựng bản vẽ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm

Bản vẽ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm của đô thị được lập dựa vào bản đồ quy hoạch chuyên ngành các bộ môn kỹ thuật hạ tầng đô thị.

- Quy hoạch mạng lưới đường.
- Quy hoạch mạng lưới cấp nước.
- Quy hoạch mạng lưới thoát nước mưa.
- Quy hoạch mạng lưới thoát nước thải.
- Quy hoạch mạng lưới thông tin liên lạc (cáp quang).
- Quy hoạch hệ thống điện.
- Quy hoạch hệ thống cấp hơi, cấp nhiệt, cấp ga...

Bản vẽ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm thực hiện đầy đủ khi có được các bản đồ quy hoạch chuyên ngành trên. Để có được bản vẽ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm ngoài việc xác định vị trí các công trình trên mặt bằng ta cần biết chiều sâu của từng tuyến công trình ngầm và mặt cắt dọc tuyến hành lang kỹ thuật. Từ đó xác định đầy đủ các giao cắt của các tuyến công trình ngầm tại các điểm giao cắt tại các mặt bằng nút và cắt dọc tuyến đường. Trên cơ sở đó xác định yêu cầu phần đất hành lang kỹ thuật và có cơ sở cấp phép xây dựng các công trình kỹ thuật ngầm cho từng chuyên ngành và có các giải pháp kỹ thuật xây dựng các công trình ngầm cho từng giai đoạn xây dựng đô thị, cũng như lựa chọn các giải pháp kỹ thuật tổng hợp xây dựng hệ thống công trình ngầm đồng bộ.

3.4.3.2. Các bước lập bản vẽ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm

1. Bố trí trên mặt cắt ngang của từng trục đường

Việc tổng hợp bố trí các đường dây, đường ống ngầm trên mặt cắt ngang xuất phát từ nhu cầu của đồ án quy hoạch chuyên ngành. Việc sắp xếp bố trí trên mặt cắt ngang đường theo nguyên tắc cơ bản và các phương pháp bố trí đã trình bày ở phần trên. Công việc này thực hiện được khi có cơ sở thống nhất của các bộ môn quy hoạch chuyên ngành.

2. Tổng hợp bản vẽ mặt bằng đường dây, đường ống ngầm

Trên cơ sở vị trí các công trình ngầm trên mặt cắt ngang và các tuyến trên mặt bằng ta tổ hợp sắp xếp các tuyến công trình đường dây, đường ống có vị trí như đã bố trí trên mặt cắt ngang (hình 3.8, hình 3.9) với các kí hiệu riêng biệt cho từng loại công trình.

3. Tổng hợp đường dây đường ống trên mặt cắt dọc các tuyến đường và xác định các điểm nút xung đột tại các điểm giao cắt

Trên cơ sở dự kiến độ sâu đặt ống của các công trình đường dây, đường ống, mặt cắt dọc sơ lược hoặc mặt cắt dọc kỹ thuật của từng công trình ta tổ hợp chúng vào một bản vẽ mặt cắt dọc tổng hợp; xác định được mối quan hệ tương hỗ của các công trình ngầm theo nguyên tắc chung và yêu cầu của từng đường dây, đường ống theo quy phạm để giải quyết mâu thuẫn giữa các đường dây, đường ống giao cắt cùng cao độ, tĩnh không tối thiểu của các công trình theo phương đứng. Từ đó đưa ra các quyết định về điều chỉnh cao độ đặt ống của các công trình ngầm, lựa chọn phương án xây dựng các công trình ngầm tại các nút, tại các điểm qua đường trên các tuyến thẳng để xây dựng các tuynen kỹ thuật đặt các công trình đường dây đường ống ngầm ở các cao độ hợp lý, đặc biệt là các đường ống thoát nước mưa và thoát nước thải cho các tuyến đường một cách hợp lý.

4. Sử dụng bản đồ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm

- Bản đồ tổng hợp đường dây, đường ống ngầm với các nội dung trên là cơ sở cho việc đầu tư xây dựng, cấp giấy phép xây dựng các công trình ngầm và lập kế hoạch đầu tư vốn xây dựng cho từng giai đoạn một cách hợp lý nhất.

Mục đích của sử dụng bản đồ tổng hợp:

+ Là cơ sở để thống nhất quản lý của các chuyên ngành hoặc từng chuyên ngành trong đô thị.

+ Là cơ sở để quản lý đô thị trong quá trình đầu tư xây dựng, quản lý khai thác phần đất đô thị ngầm dưới lòng đất.

+ Là cơ sở để lựa chọn cây và trồng cây xanh trên hè đường đô thị.

Muốn làm được những điều trên yêu cầu trong quá trình quy hoạch, thiết kế, đầu tư xây dựng, quản lý quy hoạch phải tuân thủ theo các nguyên tắc lập bản đồ tổng hợp công trình ngầm một cách chặt chẽ và đồng bộ.

3.5. CÁC LOẠI MẶT CẮT NGANG ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

3.5.1. Mặt cắt ngang đường và cảnh quan đường phố

- Đường đô thị một khi đã xây dựng xong sẽ tồn tại hàng trăm năm hay vĩnh cửu. Do nền kinh tế xã hội ngày càng phát triển, yêu cầu các phương tiện tham gia giao thông ngày càng tăng, do đó yêu cầu khi thiết kế mặt cắt ngang đường phải có tầm nhìn xa, chiều rộng mặt cắt ngang đường phải đủ rộng để phục vụ được lâu dài. Mặt khác mặt cắt ngang đường đô thị phải đảm bảo kết hợp chặt chẽ giữa yêu cầu giao thông an toàn, êm thuận, đảm bảo tính thông thoáng không gian đường phố, tăng thêm mỹ quan kiến trúc.

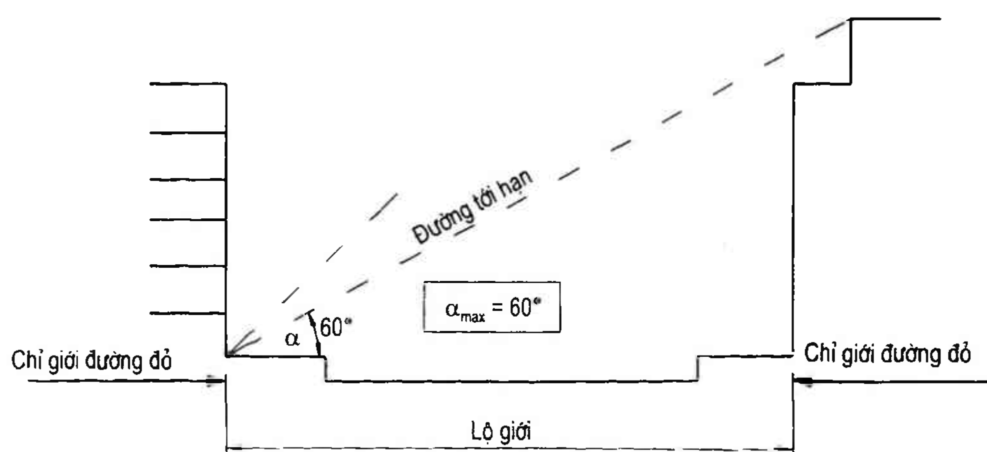
- Không gian đường phố: Xuất phát từ yêu cầu, thông thoáng, chiếu sáng và vệ sinh đường phố, đảm bảo không gian kiến trúc giữa đường phố và chiều cao công trình xây dựng hai bên, quan hệ giữa chiều rộng mặt cắt ngang đường phố và chiều cao công trình trên đường phố thường được tính:

$$B = (1,5 \div 2)H \text{ (m)} \qquad (3.24)$$

B - chiều rộng mặt cắt ngang đường phố (m).

H - chiều cao công trình xây dựng bên đường phố (m).

Theo quy chuẩn xây dựng Việt Nam 1997 khống chế cao độ nhà bằng đường tới hạn theo sơ đồ sau :



Hình 3.12: Khống chế cao độ nhà bằng đường tới hạn

Cảnh quan đường phố: Mặt cắt ngang đường đô thị phải tổ chức tạo sự hài hoà giữa không gian đường, dải trồng cây hai bên đường, thảm cỏ, tượng đài, biển báo giao thông, quảng cáo cũng như các công trình nhà cửa. Tạo được sự hài hoà, đảm bảo được tầm nhìn và tâm lý thoải mái của người lái xe vào ban ngày cũng như ban đêm.

3.5.2. Các hình thức mặt cắt ngang đường phố

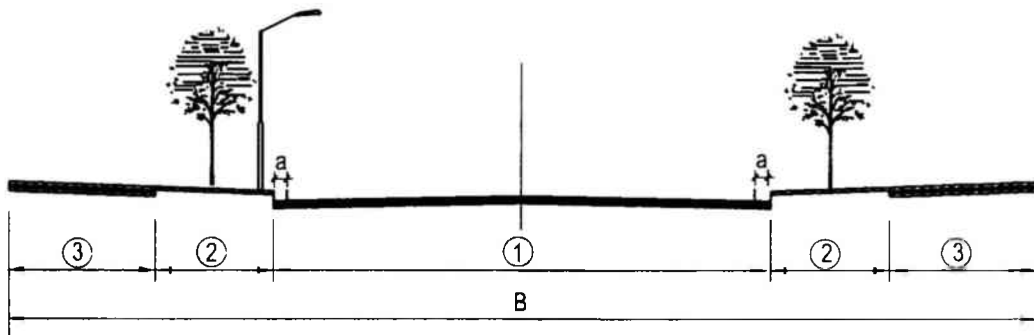
3.5.2.1. Đường xe chạy một dải

Hình thức mặt cắt ngang một dải được sử dụng rộng rãi nhất.

Ưu điểm: Sử dụng diện tích ít, tận dụng được hết phần xe chạy, giá thành xây dựng rẻ.

Khuyết điểm: Các dòng xe tham gia giao thông chạy chung nên tốc độ giảm, dễ xẩy ra tai nạn giao thông, khả năng thông xe không cao.

Hình thức mặt cắt đường một dải thường thiết kế ở những đường phố số lượng xe không nhiều, tốc độ xe không cao. Thường sử dụng cho mặt cắt ngang đường khu ở, đường nội bộ.

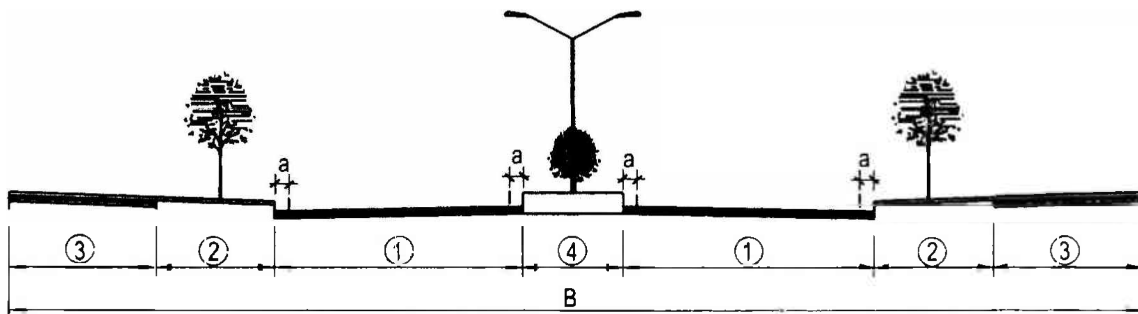


Hình 3.13: *Sơ đồ đường xe chạy một dải.*
1. Phần đường xe chạy. 2. Dải đất trồng cây. 3. Vỉa hè cho người đi bộ.

3.5.2.2. Đường xe chạy hai dải

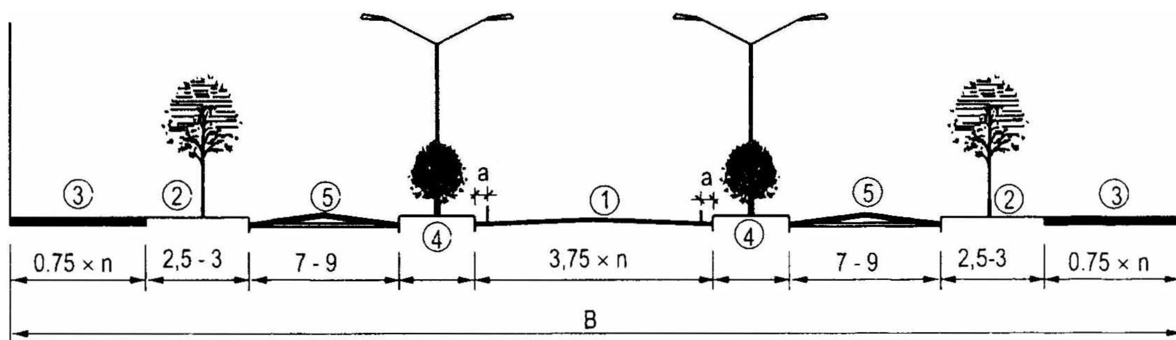
Ưu điểm : Tách được dòng xe chạy ngược chiều ra, xe chạy với tốc độ cao hơn, an toàn giao thông hơn nhưng chưa tách được dòng xe cơ giới và dòng xe thô sơ cùng chiều.

Hình thức mặt cắt đường hai dải thích hợp cho đường có lưu lượng xe lớn của đường liên khu vực.



Hình 3.14: *Sơ đồ đường xe chạy hai dải.*
1. Phần đường xe chạy; 2. Dải đất trồng cây; 3. Vỉa hè cho người đi bộ; 4. Dải phân cách.

3.5.2.3. Đường xe chạy ba dải

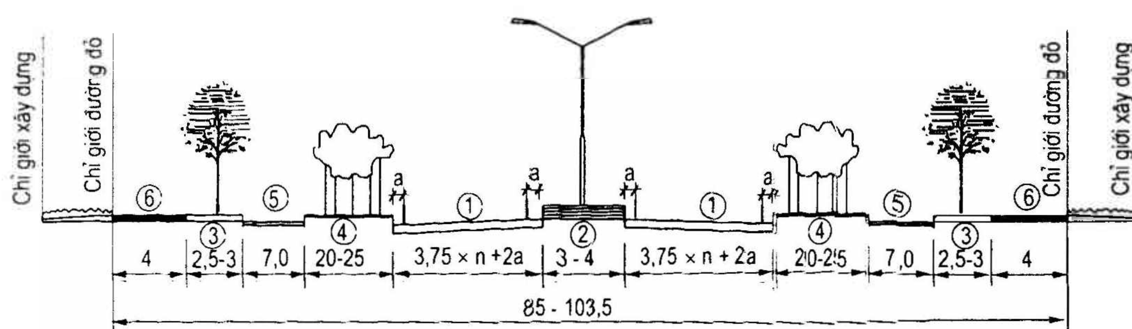


Hình 3.15: *Sơ đồ đường xe chạy ba dải.*
1. Phần đường xe chạy. 2. Dải đất trồng cây. 3. Vỉa hè cho người đi bộ.
4. Dải phân cách; 5. Đường xe thô sơ.

Với hình thức này đã tách được dòng xe cơ giới và dòng xe thô sơ ra. Ưu điểm xe chạy an toàn, tốc độ cao. Các luồng giao thông tách biệt, dải đất cây xanh, trồng cột điện, thảm cỏ hợp lý. Tuy nhiên sẽ chiếm nhiều đất, kinh phí xây dựng cao hơn. Thích hợp với các đường có lưu lượng xe lớn và thô sơ lớn, ở trục đường ngoại ô thành phố, đường vành đai.

3.5.2.4. Đường xe chạy bốn dải

Mặt cắt ngang đường xe chạy bốn dải đã tách dòng xe chạy xuôi và dòng xe chạy ngược chiều, tách dòng xe thô sơ và dòng xe có động cơ, hoặc tách dòng xe chạy thẳng với dòng xe địa phương. Theo hình thức này các xe đi trên đường phát huy được tốc độ của mình, đảm bảo an toàn giao thông, nâng cao được khả năng thông xe, ảnh hưởng giữa các loại phương tiện với nhau ít. Song nó có nhược điểm là rất tốn kém diện tích đất xây dựng. Hình thức này sử dụng cho đường có lưu lượng xe lớn.

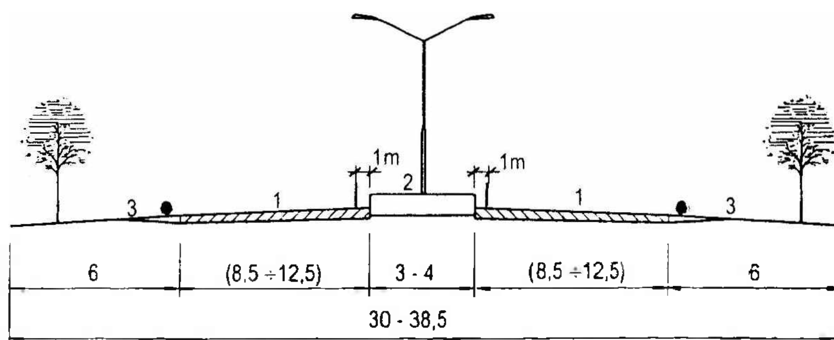


Hình 3.16: Mặt cắt ngang đường xe chạy 4 dải

3.5.3. Mặt cắt ngang các loại đường đô thị theo cấp hạng đường

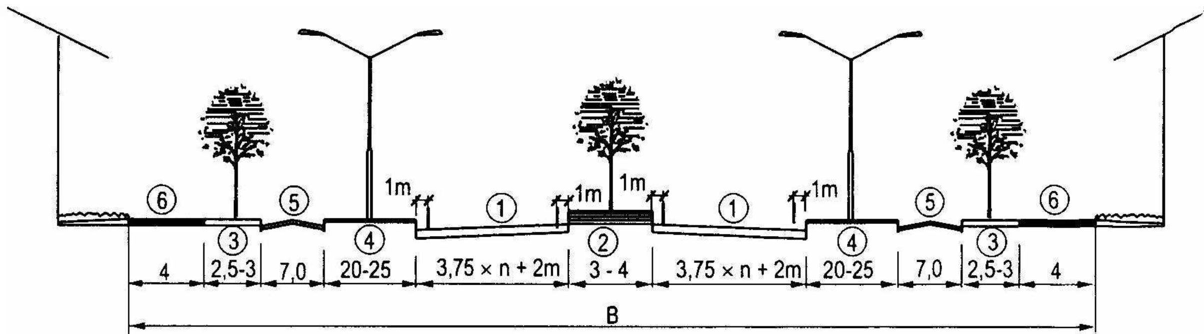
3.5.3.1. Mặt cắt ngang đường cao tốc

Một đặc điểm lớn của đường này là phải đảm bảo xe chạy liên tục với tốc độ cao (80 ÷ 120 km/h). Phải có dải phân cách giữa hai dòng xe ngược chiều, giữa phần xe tốc độ chậm, xe thô sơ với dòng xe cơ giới tốc độ nhanh. Tất cả các ngả giao nhau phải thiết kế giao nhau khác cốt. Giữa phần đường xe chạy và các công trình hai bên phải có lan can bảo vệ và dải đất trồng cây cách ly và bố trí đường xe chạy chậm.

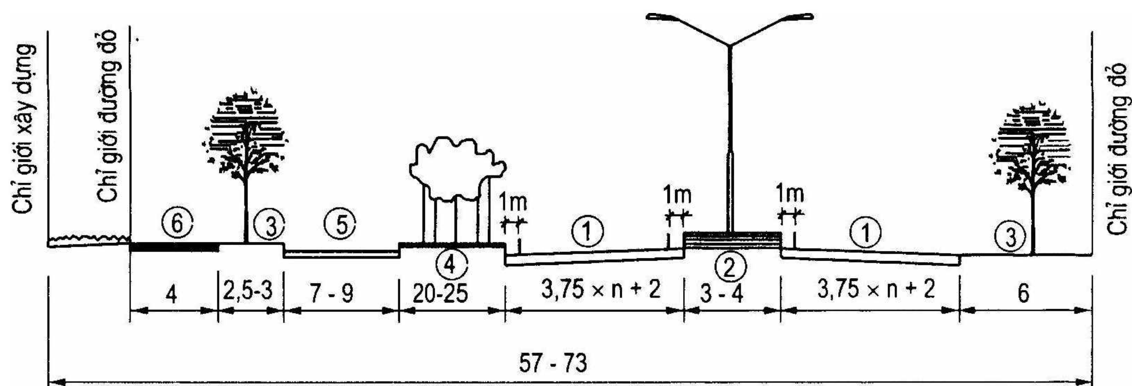


Hình 3.17: Cấu tạo mặt cắt ngang đường cao tốc.

Khi chạy khu vực ngoại vi không có nhà cửa hai bên. Phần mặt đường hai chiều, mỗi chiều 2 ÷ 3 làn xe.



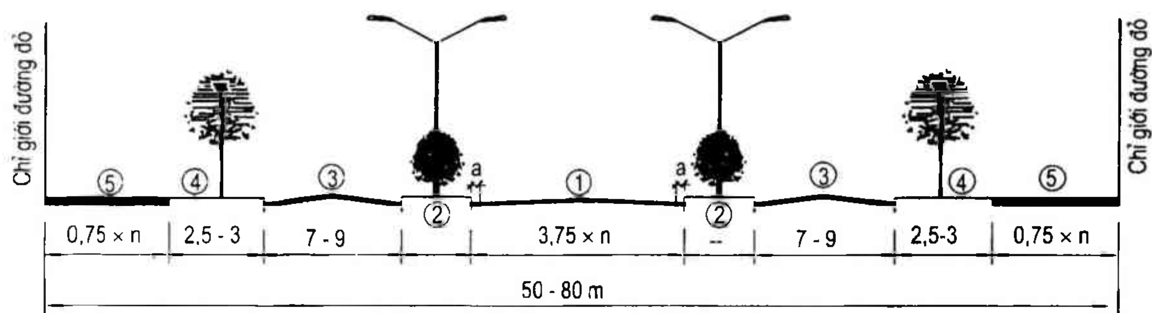
Hình 3.18: *Đường cao tốc qua đô thị.*
Trên mặt cắt ngang hai bên khu dân cư có tổ chức giao thông địa phương.
1. Phần mặt đường xe cao tốc; 2. Dải phân cách đường xe cao tốc ngược chiều; 3. Trồng cây xanh theo hè phố; 4. Dải phân cách giữa đường cao tốc và đường địa phương; 5. Đường giao thông địa phương tốc độ thấp. 6. Hè cho người đi bộ.



Hình 3.19: *Đường cao tốc qua đô thị một bên có khu dân cư*
Có tổ chức đường giao thông địa phương một bên có dân cư.

3.5.3.2. Đường phố chính có ý nghĩa toàn thành (đường phố chính cấp I, II)

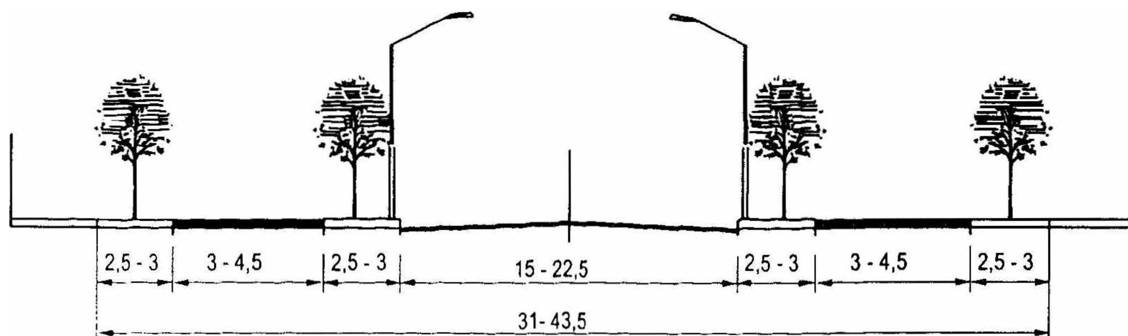
Là trục đường có cường độ xe cộ và người qua lại đông, hai bên đường xây dựng nhiều công trình văn hoá công cộng, cao tầng. Đây là nơi tổ chức diễu binh, diễu hành vào các dịp tết lễ và các hoạt động quần chúng khác. Với chức năng trên, phần đường xe chạy và vỉa hè đều phải rộng vì đây sẽ tập trung nhiều công trình ngầm chính của đô thị và khu vực. Mặt cắt ngang đường cần tổ chức phân cách giữa dòng xe quá cảnh (chạy suốt) và phần đường giao thông địa phương, xe thô sơ. Các điểm giao cắt với các đường phố chính khác nên tổ chức khác cốt. Chiều rộng phần chỉ giới đường đỏ đường phố chính cấp I có thể tới 52 ÷ 80m, đường phố chính cấp II là 30 ÷ 40m.



Hình 3.20: Hình thức mặt cắt ngang đường chính thành phố.
1. Đường xe quá cảnh; 2. Dải phân cách; 3. Đường xe nội bộ;
4. Dải cây xanh; 5. Hè đường đi bộ.

3.5.3.3. Đường phố khu vực

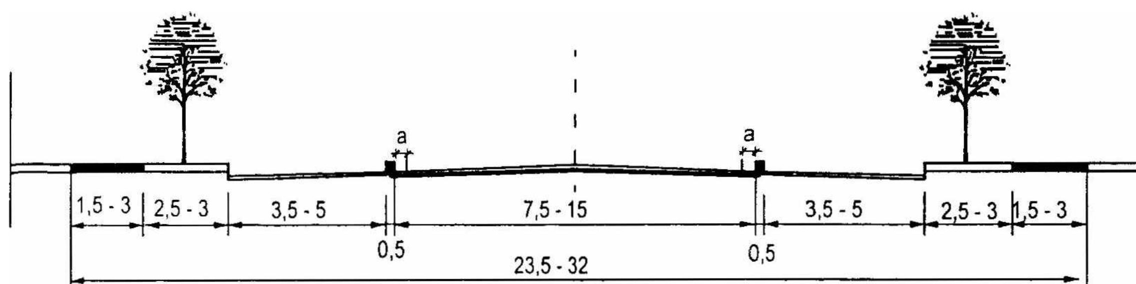
Đường phố khu vực chủ yếu phục vụ giao thông giữa khu nhà ở và đường phố cấp đô thị lưu lượng xe cộ ít. Chủ yếu xe đi trong nội bộ đô thị. Hai đường phố xây dựng nhà ở và công trình văn hóa, công cộng, các trường học. Với chức năng đó nên mặt cắt ngang đường thường hẹp hơn đường phố chính đô thị. Chiều rộng lộ giới từ 30 ÷ 45m.



Hình 3.21: Đường phố khu vực.

3.5.3.4. Đường vận tải

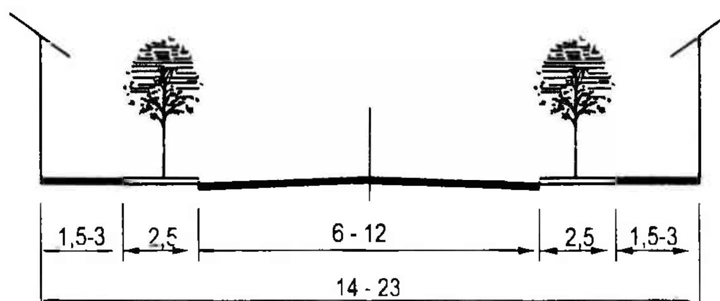
Chủ yếu phục vụ xe tải để vận chuyển hàng hoá, nguyên vật liệu. Trên đường có thể có súc vật kéo. Thường sử dụng mặt cắt đường một dải với chiều rộng 20 ÷ 25m. Đường vận tải có thể giới hạn trong một khu công nghiệp, kho tàng hay nối liền các khu công nghiệp kho tàng với các cảng, mỏ vật liệu.



Hình 3.22. Đường vận tải.

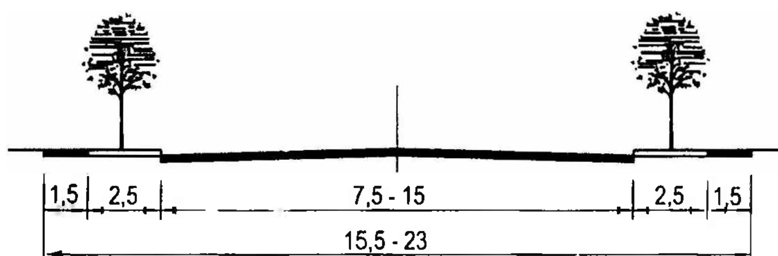
3.5.3.5. Đường nội bộ

Là đường liên hệ các tiểu khu, nhóm nhà với đường khu vực bao gồm các tuyến đường trong khu nhà ở, đường tiểu khu, đường trong khu công nghiệp và kho tàng, đường đi bộ và đường xe đạp.



Hình 3.23: Mặt cắt ngang đường nội bộ.

Đây là loại đường mà phạm vi phục vụ đã được giới hạn trong một khu vực nhỏ không mang ý nghĩa đô thị vì vậy số lượng xe đi lại ít. Đây là các khu vực cần yên tĩnh do đó đường cần trồng nhiều cây xanh bóng mát.



Hình 3.24: Mặt cắt ngang đường công nghiệp.

3.5.3.6. Mặt cắt ngang đường ven sông, ven biển, trên sườn dốc

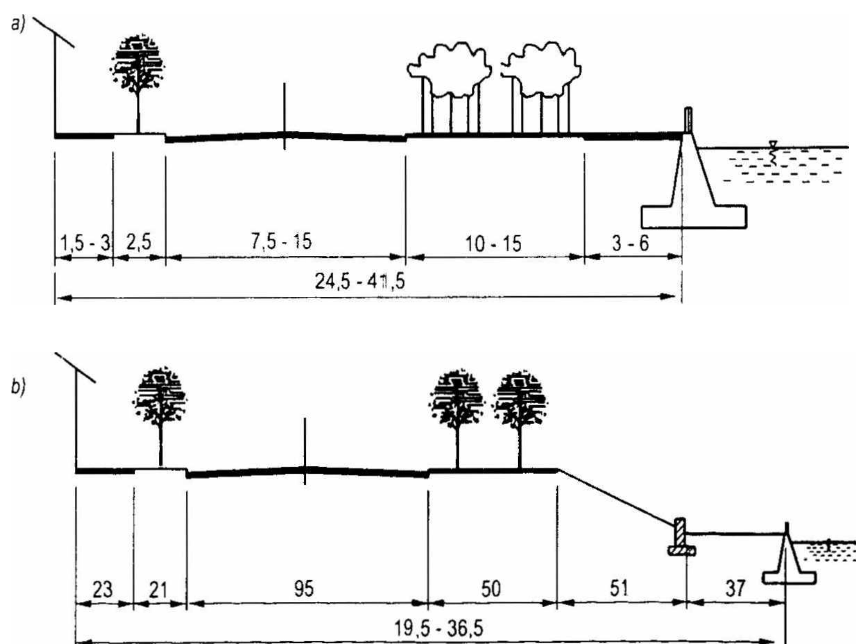
a) Đường ven mặt nước

Là đường ven sông, ven hồ hoặc ven biển. Đường gắn liền với dải đất bờ sông, bờ biển do đó cần cố gắng tổ chức đường gắn với các công trình công viên, đường dạo, tượng đài... Khi bố trí mặt cắt ngang, cần kết hợp chặt chẽ với độ cao của bờ, địa hình và diện tích đất hiện có. Mặt cắt ngang thường bố trí theo kiểu không đối xứng và có thể có các bộ phận cao độ khác nhau.

Phần giáp mặt nước có thể bố trí như sau:

- Làm đường đi dạo có cây xanh, bồn hoa, ki ốt.

- Làm đường chuyên dụng để bốc dỡ và vận chuyển hàng hóa, hành khách lên xuống phương tiện giao thông đường thuỷ.

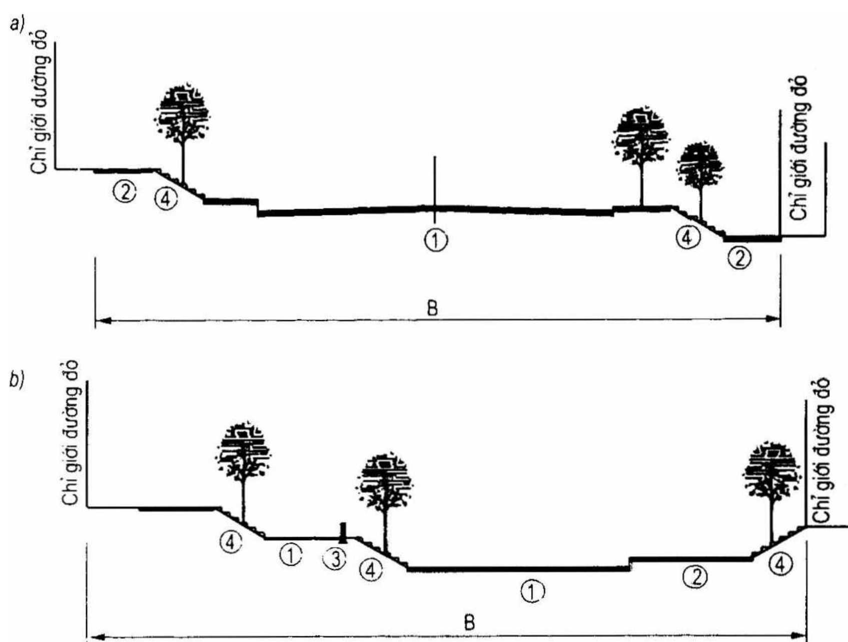


Hình 3.25: *Đường ven mặt nước.*

a) Mặt cắt ngang một cấp cao độ; b) Mặt cắt ngang hai cấp cao độ.

Đường ven mặt nước còn có tác dụng gia cố bờ sông. Chống xâm thực của sóng nước vào bờ. Thường các đường ven mặt nước khi xây dựng bám song song với bờ. Để bảo vệ được sự ổn định của bờ người ta phải xây dựng tường chắn hoặc các biện pháp kè đá, lát đá; kè phải xây dựng các lan can bảo vệ.

b) Đường trên các sườn dốc



Hình 3.26: *a) Đường ôtô một cấp; b) Đường ôtô hai cấp.*

1. Đường xe chạy; 2. Đường đi bộ; 3. Tường chắn phòng hộ; 4. Đất trồng cây, ta luy.

3.5.4. Chi tiết mặt cắt ngang

3.5.4.1. Độ dốc ngang của đường phố

Độ dốc ngang của đường phố, quảng trường phụ thuộc vào vật liệu xây dựng và được lấy theo bảng sau.

Bảng 3.15

Loại mặt đường.	Độ dốc ngang phần đường xe chạy %	
	Trên đường phố và đường	Trên quảng trường, bến xe
- Loại cấp cao chủ yếu:		
+ Bê tông at phan, BTXM.	1,5 ÷ 2,5	1,5
+ Bê tông cốt thép.	2,0 ÷ 3,0	1,5 ÷ 2,0
- Loại cấp cao thứ yếu.	1,5 ÷ 2,5	1,5 ÷ 2,0
- Loại quá độ.	2,0 ÷ 3,0	
- Loại giản đơn.	2,5 ÷ 4,0	

Khi đường có độ dốc dọc, nước hướng chảy không vuông góc với tim đường mà theo hướng chéo. Độ dốc theo hướng nước chảy là :

$$i_{chéo} = \sqrt{i_{ng}^2 + i_d^2} \quad (3.25)$$

Trong đó:

i_{ng} - độ dốc theo phương ngang mặt cắt đường.

i_d - độ dốc dọc của đường.

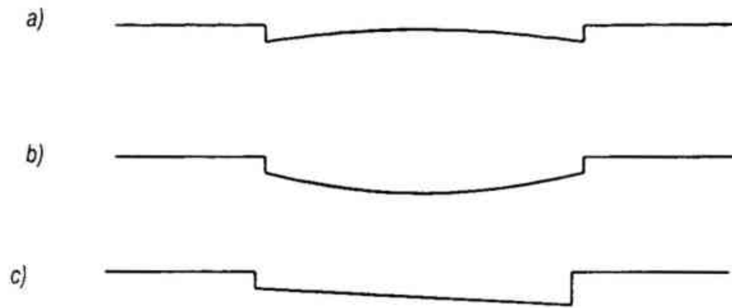
Như vậy khi đường có độ dốc dọc, nước thoát nhanh hơn. Do đó khi thiết kế đường để đảm bảo thoát nước được tốt phải tạo cho đường có độ dốc dọc. Nếu điều kiện khó khăn không thể tăng độ dốc dọc, ta phải có các biện pháp đặc biệt tăng tốc độ tiêu nước vào các cửa thu nước và số lượng cửa thu mép đường.

3.5.4.2. Độ khum của phần đường xe chạy

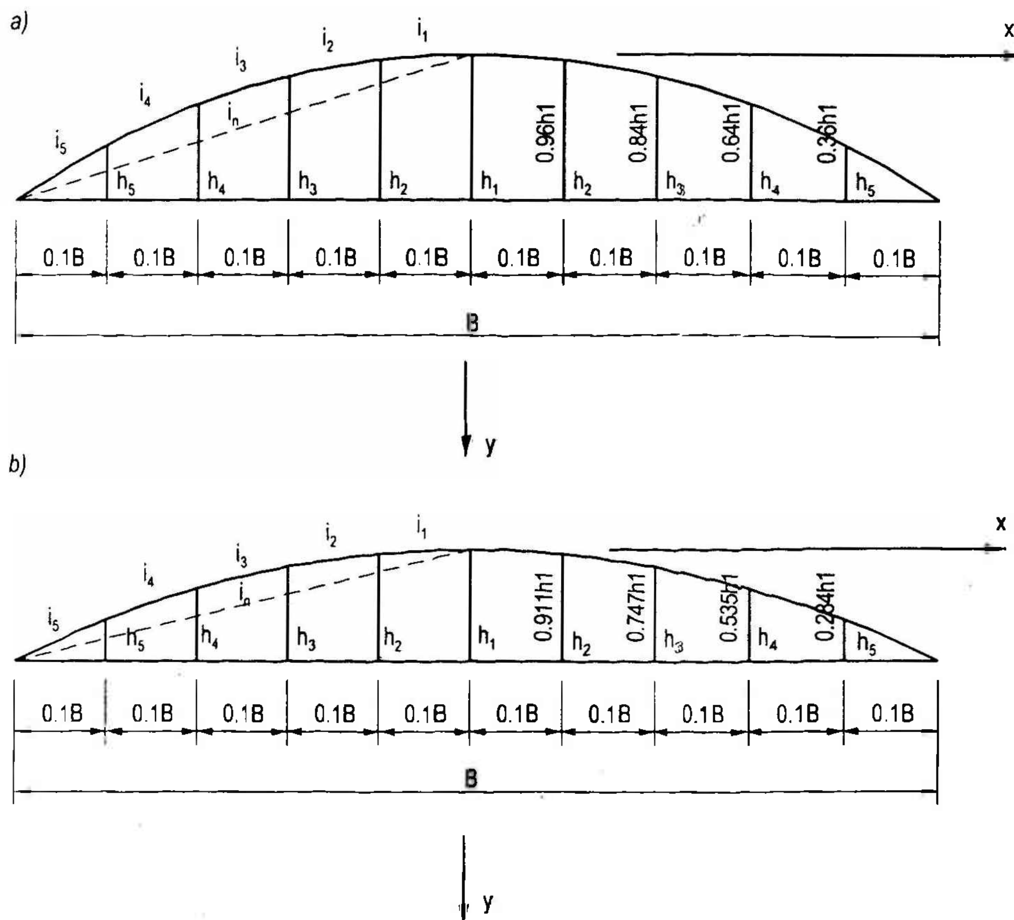
Mặt cắt ngang của đường xe chạy có thể có ba dạng: Lồi, lõm và nghiêng về một mái.

Dạng lồi (a) được dùng phổ biến hơn cả. Dạng nghiêng một mái (c) dùng cho các đường xe chạy rộng ≤ 9m. Dạng lõm (b) ít được dùng và chỉ có thể dùng ở các đường trong khu nhà ở, tiểu khu khi có đường cống thoát nước nằm giữa đường.

Đối với dạng lồi, có thể có mấy loại parabôn, hình mái nhà và hình mái nhà đỉnh tròn. Sử dụng loại hình nào phụ thuộc vào loại và chiều rộng mặt đường. Mặt cắt ngang hình parabôn có thể có hai loại: parabôn dạng $y = px^2$ và parabôn dạng $y = px^{1,5}$ (hình 3.28).



Hình 3.27: Các dạng mặt cắt ngang đường



Hình 3.28. *Mặt cắt ngang dạng lồi hình parabôn.*

a) Parabôn theo dạng $y = px^2$*; b) Parabôn theo dạng* $y = px^{1.5}$

Loại đầu (a) phần giữa tương đối bằng, hai bên tương đối dốc, phù hợp với loại mặt đường rộng B < 12m, có độ dốc ngang tương đối lớn phù hợp với các loại kết cấu mặt đường đá lát, đá dăm, cấp phối.

Loại sau phù hợp với loại mặt đường B ≤ 20m, có độ dốc ngang tương đối nhỏ như mặt đường bê tông nhựa, bê tông xi măng và các kết cấu mặt đường cao cấp khác.

Chiều cao độ vồng của mặt đường tại tim là :

$$h = h_1 = \frac{B.i_{tb}}{2} \text{ (m)} \tag{3.26}$$

B - bề rộng phần mặt đường (m);

i_{tb} - độ dốc ngang trung bình của cả mặt đường.

a) Mặt cắt ngang parabôn có dạng $y = px^2$

Đối với parabôn có dạng $y = px^2$ thay $x = B/2$, $y = h_1$ ta được:

$$p = \frac{4.h_1}{B^2} \Rightarrow y = \frac{4h_1.x^2}{B^2} \tag{3.27}$$

Nếu cho x các trị số x = 0,1B; 0,2B; 0,3B; 0,4B; 0,5B. Sẽ được:

x	0,1B	0,2B	0,3B	0,4B	0,5B
y	$0{,}04h_1$	$0{,}16h_1$	$0{,}36h_1$	$0{,}64h_1$	h_1
h	$0{,}96h_1$	$0{,}84h_1$	$0{,}64h_1$	$0{,}36h_1$	0

Độ dốc ngang trung bình giữa các đoạn là :

$$i_n = \frac{h_n - h_{n+1}}{0{,}1B} \tag{3.28}$$

Loại mặt cắt ngang này thích hợp với mặt đường có chiều rộng nhỏ hơn 12m và loại mặt đường đá dăm, cấp phối có độ dốc ngang tương đối lớn. Nhược điểm của nó là ở phần giữa tương đối thoải, ở phần mép tương đối dốc nên độ dốc bình quân tương đối lớn thì độ dốc ở mép lớn.

b) Dạng mặt cắt ngang parabôn bậc hai cải tiến

Công thức tính toán :

$$y = \frac{2}{B^2}.x^2 + h.\frac{x}{B} \tag{3.29}$$

Dạng mặt cắt ngang này có độ dốc ngang biến đổi điều hoà, độ dốc ngang phần giữa và mép vừa phải, thuận lợi cho xe chạy và thoát nước, thường được dùng nhiều ở đường đô thị một dải dùng chung cho xe cơ giới và xe thô sơ.

c) Dạng mặt cắt ngang parabôn $y = p.x^{1,5}$ (hình 3.26b).

$$p = \frac{h}{\left(B/2\right)^{1,5}}; \qquad y = h.\left(2.x/B\right)^{1,5} \tag{3.30}$$

x	0,1B	0,2B	0,3B	0,4B	0,5B
y	$0{,}089h_1$	$0{,}253h_1$	$0{,}465h_1$	$0{,}716h_1$	h_1
h	$0{,}911h_1$	$0{,}747h_1$	$0{,}535h_1$	$0{,}284h_1$	0

Dạng mặt cắt ngang này tương tự như dạng parabôn bậc hai cải tiến. Nó thích hợp với loại mặt cắt đường bê tông nhựa hoặc đá dăm trộn nhựa có chiều rộng từ 20 m trở xuống. Dạng mặt cắt ngang này thoát nước nhanh, phần giữa không quá thoải. Với độ dốc ngang i < 3%, có thể đảm bảo xe chạy an toàn.

d) Mặt cắt ngang dạng parabôn bậc ba cải tiến

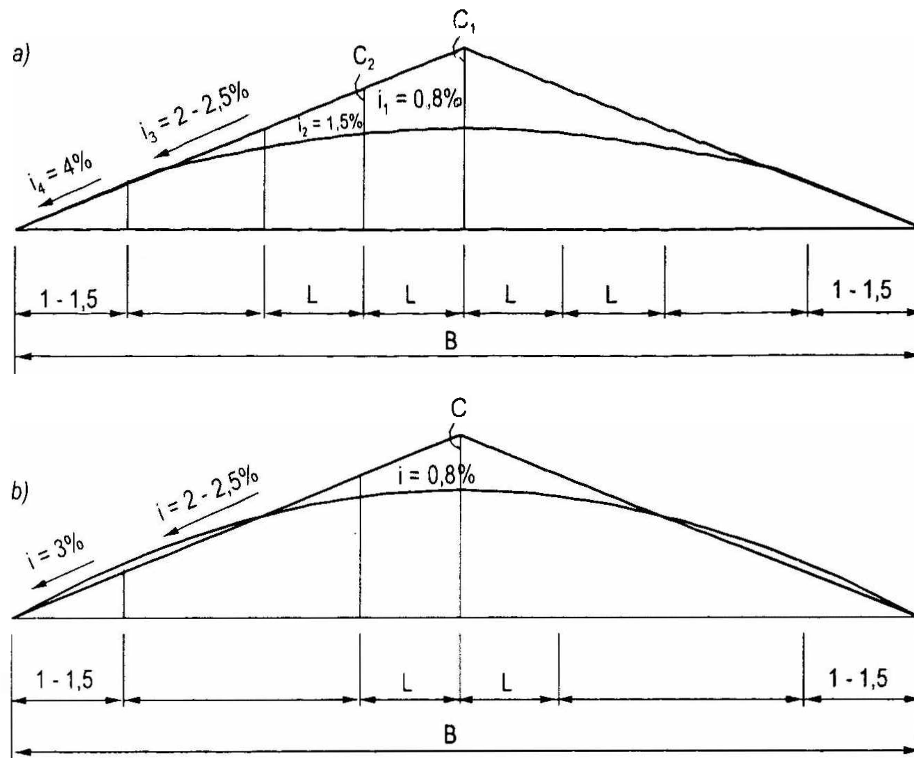
Công thức tính toán : $$y = \frac{4h}{B^3}.x^3 + h.\frac{x}{B} \qquad (3.31)$$

Xác định : $h_1 = h$; $h_2 = 0{,}90h_1$; $h_3 = 0{,}77h_1$; $h_4 = 0{,}59h_1$; $h_5 = 0{,}43h_1$.

e) Mặt cắt ngang dạng mái nhà

Mặt cắt ngang mà hai bên là đường thẳng, phần giữa bố trí đường cong hoặc đoạn chuyển tiếp.

Loại mặt cắt ngang hình mái nhà (hình 3.27) phù hợp với mặt đường làm bê tông nhựa, bê tông xi măng có chiều rộng lớn hơn 20m. Nó có độ vồng nhỏ hơn đối với

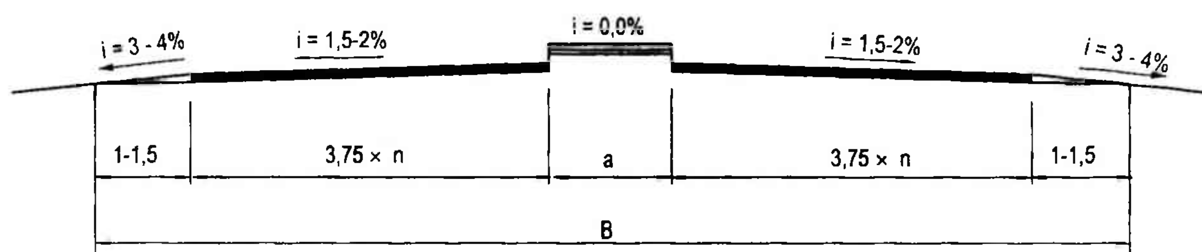


Hình 3.29:

a) Trường hợp i = 2 ÷ 2,5% ; b) Trường hợp i = 1,5 ÷ 2%.

loại hình parabôn có cùng chiều rộng và cùng độ dốc ngang. Để tiện cho xe chạy từ phía này sang phía kia, cần có đoạn chuyển tiếp. Khi mặt đường có độ dốc ngang i ≤ 2% ở giữa phải bố trí đoạn chuyển tiếp đối xứng có độ dốc lần lượt từ giữa sang hai bên là 0,8% và 1%. Chiều dài đoạn chuyển tiếp bằng B/12 (B chiều rộng của mặt đường). Tại dải mép của mặt đường với chiều rộng 1 ÷ 1,5 m dùng độ dốc ngang lớn 3 ÷ 4% để tăng độ dốc nước và dung tích nước ở rãnh.

Khi mặt đường có độ dốc ngang i = 2,0 ÷ 2,5%, ở giữa bố trí đoạn chuyển tiếp đối xứng từng đôi một với độ dốc ngang lần lượt là 0,8 và 1,5% kể từ tim đường (hình 3.27b). Chiều dài các đoạn chuyển tiếp bằng B/12, dải mép rộng 1 ÷ 1,5 m dốc ngang 3 ÷ 4%. Các dạng mặt cắt ngang trên ở giữa tim đường dạng đường cong parabôn có thể sử dụng cho mặt đường chiều rộng từ 20 ÷ 50m với độ dốc ngang i = 1,0 ÷ 1,5%.



Hình 3.30: Mặt cắt ngang có độ dốc đều

Hình thức độ khum kiểu thẳng như trên được sử dụng rộng rãi trong thiết kế đường hiện nay. Độ dốc ngang phần mặt đường xe chạy tùy theo chất liệu kết cấu mà i_n = 1,5 ÷ 2,5%. Tại mép đường, lề đường hay dải đan rãnh thiết kế độ dốc ngang lớn 3 ÷ 4% để thoát nước nhanh. Tuỳ theo độ dốc dọc của đường mà quyết định chiều rộng của dải, thường tối thiểu bằng chiều rộng tấm đan rãnh tiêu chuẩn 0,3m; bình thường từ 1 ÷ 1,5m như đối với mặt cắt ngang hình mái nhà.

3.5.4.3. Cách thể hiện mặt cắt ngang đường đô thị

Căn cứ vào yêu cầu sử dụng mặt cắt ngang đường đô thị thường được thể hiện theo ba dạng sau :

- Mặt cắt ngang điển hình (còn gọi là mặt cắt ngang tiêu chuẩn).
- Mặt cắt ngang cấu tạo.
- Mặt cắt ngang thi công.

a) Mặt cắt ngang điển hình: Là mặt cắt thể hiện các bộ phận của đường đô thị và bố trí hệ thống công trình đường dây, đường ống. Chỉ giới đường đỏ, đặc trưng cơ bản cho tuyến đường bao gồm :

1. Khoảng cách đường đỏ xây dựng;

2. Phần đường xe chạy bao gồm xe cơ giới và xe thô sơ;

3. Hè phố bao gồm cả cột điện và cây trồng;

4. Dải phân cách, dải trồng cây (nếu có);

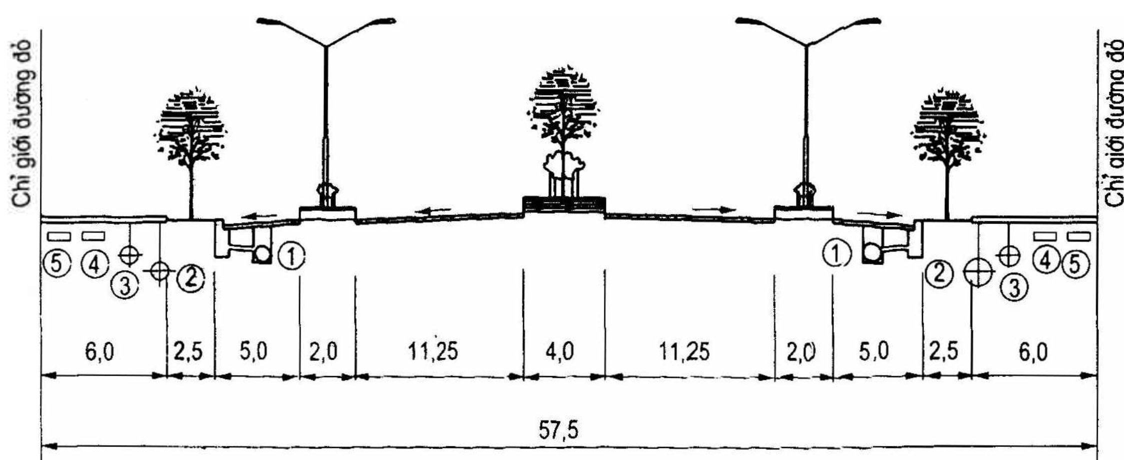
5. Bố trí công trình ngầm;

6. Các công trình xây dựng hai bên đường và chiều cao nền;

7. Độ dốc ngang các bộ phận mặt cắt ngang đường và hướng thoát nước.

Nếu là đường cải tạo, cần vẽ thêm mặt cắt ngang hiện trạng, trên đó có vẽ cấu tạo các bộ phận, cấu tạo bề dày mặt đường, bó vỉa, cây cối, cột điện, công trình ngầm, vị trí tim đường và quan hệ với tim đường của mặt cắt thiết kế mới.

Mặt cắt ngang thiết kế với tỉ lệ 1:100 hoặc 1:200.



Hình 3.31: *Mặt cắt ngang điển hình.*

1. Ống nước mưa; 2. Ống nước thải; 3. Ống nước cấp; 4. Cáp quang; 5. Cáp điện.

b) Mặt cắt ngang cấu tạo chi tiết kết cấu mặt đường

Là mặt cắt ngang thể hiện các chi tiết kết cấu các bộ phận trên mặt cắt ngang đường. Mặt cắt ngang cấu tạo vẽ theo tỉ lệ 1:100 hoặc 1:200; đối với các chi tiết kết cấu trên mặt cắt ngang thiết kế vẽ tỉ lệ 1:20 hoặc 1:50.

Đối với mặt cắt ngang cấu tạo ngoài việc vẽ các bộ phận như mặt cắt ngang điển hình, còn phải vẽ các cấu tạo sau :

1. Cấu tạo kết cấu phần đường xe cơ giới, xe thô sơ;

2. Cấu tạo chi tiết kết cấu bó vỉa, đan rãnh, lát hè. ô trồng cây xanh, thảm cỏ, kết cấu dải phân cách;

3. Độ dốc ngang, độ khum mặt đường.

c) Mặt cắt ngang thi công để phục vụ cho công tác thi công, tính khối lượng. Trước hết mặt cắt ngang thi công phải thể hiện các nội dung chi tiết từng cọc:

1. Vị trí cọc, tên cọc, lý trình từng cọc trên tuyến;

2. Vị trí chỉ giới đường hiện trạng và thiết kế;

3. Vị trí và kích thước các bộ phận của đường hiện trạng và thiết kế;

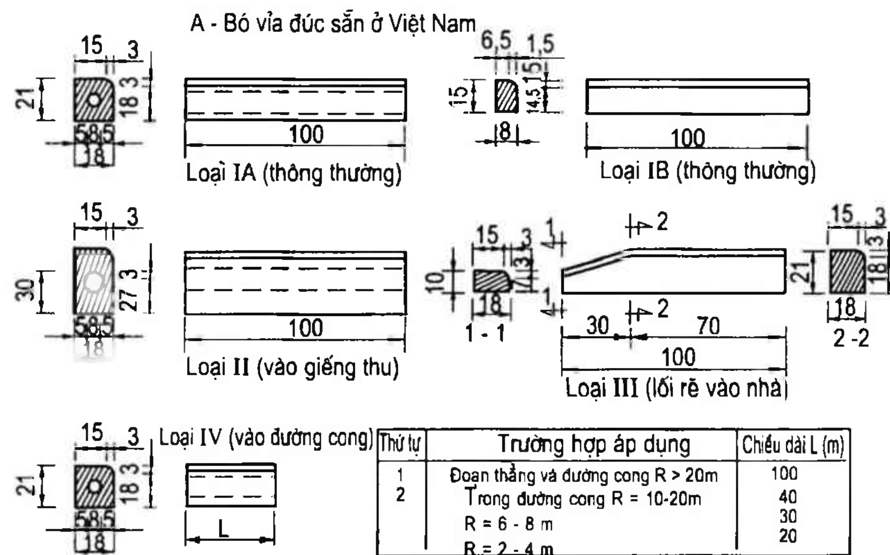
4. Độ dốc ngang của hè phố và đường xe chạy;

5. Loại kết cấu mặt đường;

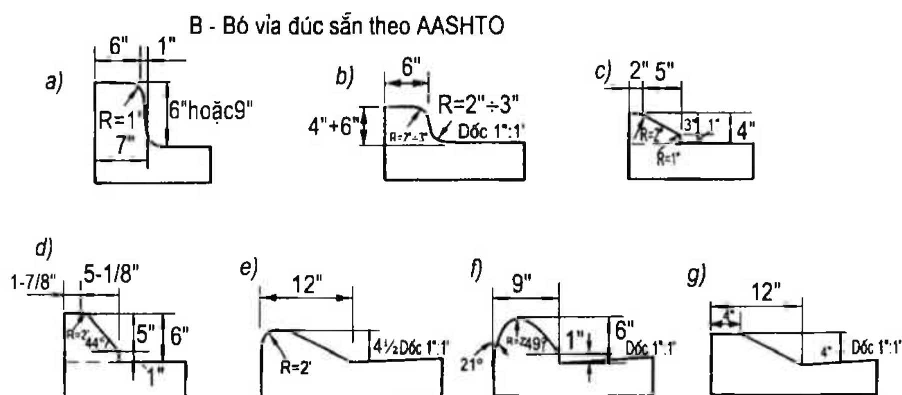
6. Vị trí các loại công trình ngầm hiện trạng và thiết kế;

7. Khoảng cách các điểm đặc trưng, độ cao mặt đất, độ cao thiết kế, độ cao thi ông; đường cao độ nền tự nhiên (đường đen); đường cao độ nền thiết kế (đường đỏ);

8. Tính toán diện tích đào, đắp đất nền cho từng mặt cắt ngang.



Thứ tự	Trường hợp áp dụng	Chiều dài L (m)
1	Đoạn thẳng và đường cong R > 20m	100
2	Trong đường cong R = 10-20m	40
	R = 6 - 8 m	30
	R = 2 - 4 m	20



Hình 3.32: Chi tiết các loại bó vỉa.

Mặt cắt ngang thi công được vẽ theo tỉ lệ 1:50 hoặc 1:100. Trục tung và trục hành cũng vẽ cùng tỉ lệ.

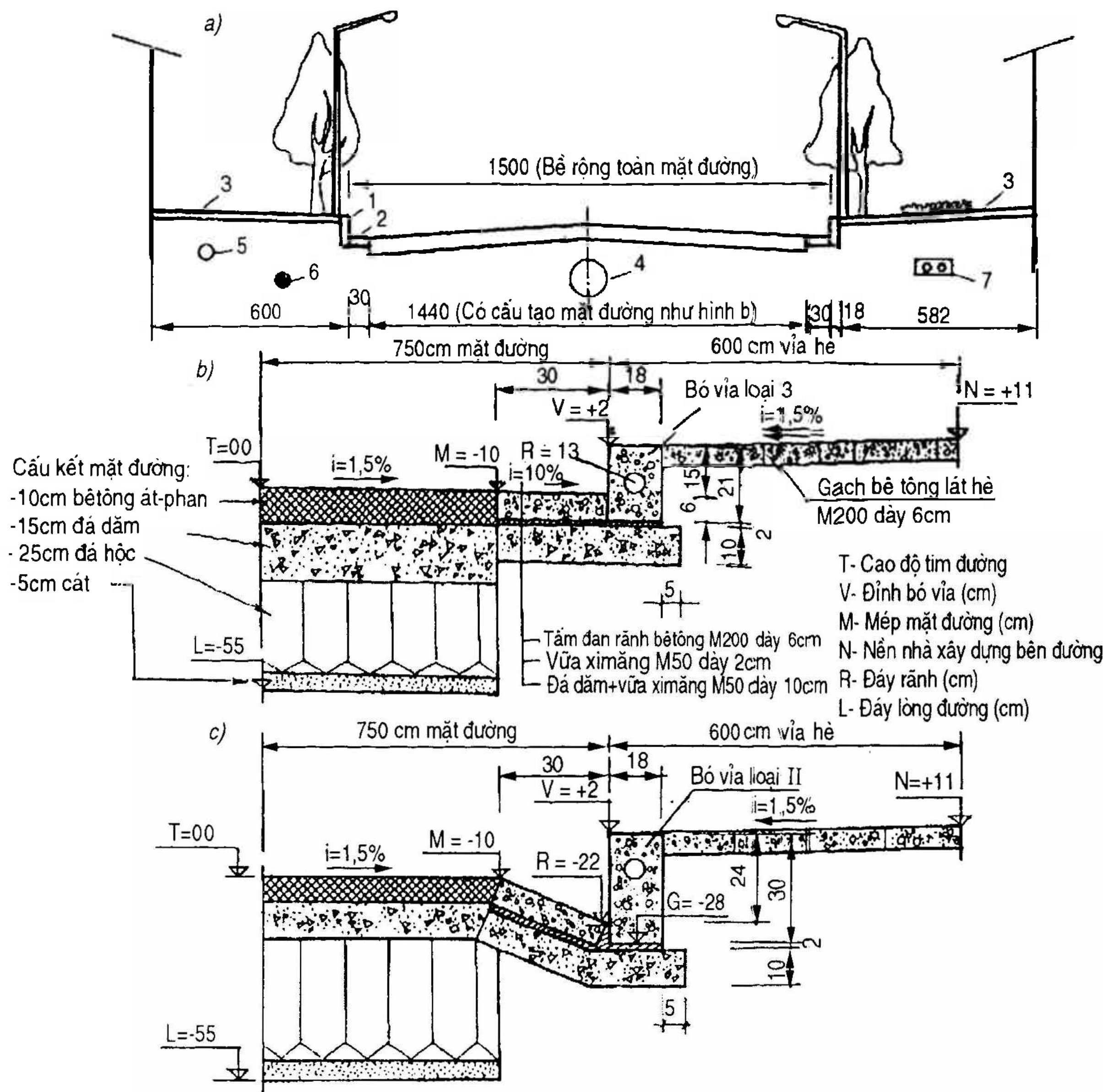
Các bước thực hiện vẽ mặt cắt ngang thi công:

1. Dựa vào kết quả đo đạc (vị trí và cao độ các bộ phận trên mặt cắt nền tự niên theo bình đồ định vị từng cọc);

2. Điểm độ cao thiết kế tại tim đường dựa vào mặt cắt dọc thiết kế;

3. Vẽ mặt cắt ngang thiết kế theo cao độ tim đường và cao độ các bộ phận trên mặt cắt ngang trên cơ sở quan hệ độ dốc, chiều rộng của các bộ phận, độ chênh cao bó vỉa, dải phân cách, độ dốc của ta luy nền đào, nền đắp;

4. Phía dưới mặt cắt ngang, kẻ một bảng để ghi một số số liệu sau: Khoảng cách các bộ phận đặc trưng, độ cao mặt đất và thiết kế tại các điểm đó, độ dốc ngang, loại mặt đường, chiều dày lớp đất đào đắp, độ xoải chân ta luy đào, đắp.



Hình 3.33: Mặt cắt ngang chi tiết đường đô thị
1. Bó vỉa; 2. Đan rãnh; 3. Lát hè; 4. Cống thoát nước $\phi 150$;
5. Ống cấp nước; 6. Cáp điện lực; 7. Cáp thông tin.

Chương 4

CHỌN TUYẾN ĐƯỜNG VÀ THIẾT KẾ MẶT BẰNG TUYẾN

4.1. NHIỆM VỤ VÀ NGUYÊN TẮC CHỌN TUYẾN

4.1.1. Nhiệm vụ chọn tuyến đường

Chọn tuyến đường là xác định vị trí cụ thể của tuyến đường trên địa hình thực tế hoặc trên bản đồ.

Công tác xác định tuyến đường trên bản đồ địa hình gọi là chọn tuyến trên bản đồ. Công tác chọn tuyến tiến hành tại thực địa gọi là chọn tuyến tại hiện trường, thông thường hai phương pháp chọn tuyến này có liên quan mật thiết với nhau. Chọn tuyến trên bản đồ thường làm sơ bộ trong giai đoạn quy hoạch lưới đường hoặc trước khi đi cắm tuyến, còn phương pháp cắm tuyến phục vụ cho việc đo đạc lấy tài liệu thiết kế cụ thể.

Nhiệm vụ của chọn tuyến đường là:

- Xác định chính xác các điểm chủ yếu trên đường như điểm đầu, điểm cuối, điểm giao nhau, điểm gẫy khúc (điểm ngoặt).

- Xác định chính xác tim đường.

- Sơ bộ chọn bán kính đường cong, vị trí cống thoát nước qua đường (cầu), các đoạn dốc.

4.1.2. Nguyên tắc chọn tuyến đường

- Tuyến đường phải phù hợp với ý đồ quy hoạch mạng lưới giao thông của thành phố.

- Phù hợp với điều kiện địa hình, điều kiện tự nhiên địa chất thuỷ văn mà tuyến đường đó đi qua.

- Tạo điều kiện cho việc xây dựng các công trình đường ống, xây dựng các công trình hai bên đường và kiến trúc thành phố.

- Đáp ứng được yêu cầu giao thông hiện tại và tương lai (hiện đại và thô sơ).

- Đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật thiết kế và hợp lý về kinh phí xây dựng.

Một số điểm cụ thể trong nguyên tắc chọn tuyến. Các điểm đặt trên đường phố và ngả giao nhau.

Đảm bảo cảnh quan hai bên và các công trình kiến trúc nghệ thuật, các di tích lịch sử. Tuyến đường nên tránh vùng đầm lầy, cấu tạo địa chất chưa ổn định.

Vùng núi tuyến đường đi theo đường đồng mức, mặt cắt ngang có nửa đào và nửa đắp hoặc nghiêng và phần đào tránh những nơi có hiện tượng sụt lở. Khi tuyến đường cần vượt qua sông, thông thường vị trí xây dựng cầu sẽ quyết định vị trí tuyến đường.

4.2. THIẾT KẾ MẶT BẰNG TUYẾN

Sau khi xác định được tuyến đường, sẽ tiến hành thiết kế mặt bằng tuyến.

4.2.1. Chọn bán kính đường cong nằm

Bán kính đường cong được thiết kế theo công thức tính toán bán kính đường cong nằm đã nói ở chương 2.

Bán kính đường cong phụ thuộc vào tốc độ xe chạy và cấp đường phố. Đường phố chính, tốc độ xe chạy nhanh yêu cầu bán kính lớn.

Bán kính đường cong nằm xác định theo tiêu chuẩn quy phạm thiết kế quy hoạch và xây dựng đô thị của Bộ xây dựng.

Bảng 4.1. Bán kính đường cong nằm

Cấp đường phố	R_{min} (m)
Đường cao tốc	600
Đường phố chính cấp I	400
Đường phố chính cấp II	400
Đường phố khu vực	250
Đường vận tải	400
Đường khu nhà ở	125
Đường trong khu công nghiệp kho tàng	125
Đường tiểu khu	30

Các yếu tố khác của đường cong nằm:

Khi đã xác định được R thiết kế, phải tính các yếu tố khác của đường cong như sau:

Căn cứ vào hình vẽ 4.1 ta có:

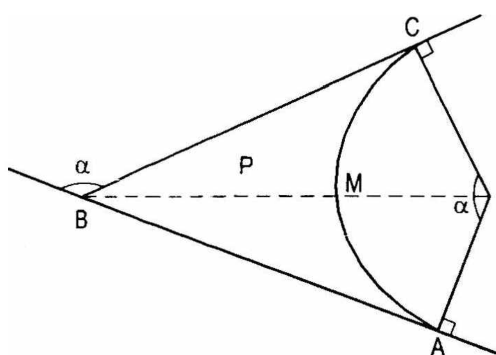
Tiếp tuyến: AB = BC = T

α: góc chuyển hướng

BM = P→ phân cự

AMC = K→ chiều dài đường cong nằm

Trong tam giác OAB có:



Hình 4.1: Sơ đồ tính toán các yếu tố đường cong nằm

$$T = AB = BC = OA.tg\frac{\alpha}{2}$$

$$T = R.tg\frac{\alpha}{2} \quad (4.1)$$

Biết được R và α có thể biết T và ngược lại

$$R = T.\cot g\frac{\alpha}{2} \quad (4.2)$$

Phân cự P = BM. Cũng trong OAB có:

$$OA = R = OB.\cos\frac{\alpha}{2}$$

Vậy: $$R = (P + R)\cos\frac{\alpha}{2}$$

$$P + R = \frac{R}{\cos\frac{\alpha}{2}} \text{ hay } P = R\left(\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} - 1\right)$$

$$P = R\left(\cos\frac{\alpha}{2} - 1\right)$$

$$\left(Sec = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}\right)$$

Chiều dài đường cong nằm AMC = K

$$K = \frac{2\pi R\alpha}{360} = \frac{\pi.R.\alpha}{180} \quad (4.3)$$

Trong giao thông hiện đại, chiều dài đường cong nằm K phải đảm bảo cho người lái xe có đủ thời gian quay tay lái. Thời gian cần thiết là 5 giây vậy:

$$K = v.\,t \text{ hay } K = \frac{V}{3,6}t = \frac{5V}{3,6} = 1,4V \quad (4.4)$$

Độ rút ngắn: $D = 2T - K$ (4.5)

Cách cắm đường cong nằm:

Trong đoạn đường cong nhất thiết phải cắm được 3 điểm: Tiếp điểm đầu (TD), tiếp điểm cuối (TC) và phân cự P.

Khi cắm các đường cong nằm thường dùng các phương pháp sau:

1) Phương pháp toạ độ vuông góc (theo tiếp tuyến):

$$y = R(1 - \sqrt{1 - x^2 / R^2}) \quad (4.6)$$

Cho x vài giá trị tính y.

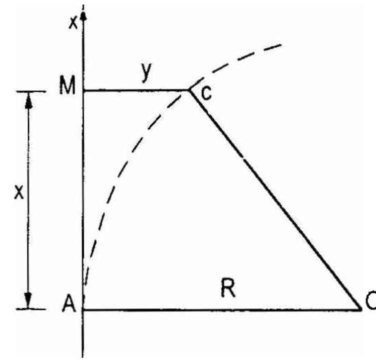
Phương pháp này áp dụng ở nơi địa hình bằng phẳng, không có chướng ngại vật.

2) Phương pháp dây cung kéo dài

Điểm A có toạ độ:

$$x_1 = S.\cos\frac{\delta}{2}$$

$$y_1 = S.\sin\frac{\delta}{2}$$



Hình 4.2: *Sơ đồ cắm đường cong nằm theo toạ độ vuông góc*

Điểm B có toạ độ trên dây cung kéo dài ($A_0A \rightarrow AB_1$):

$$x = S.\cos\delta;\ y = S.\sin\delta$$

Vì góc ở tâm δ rất nhỏ nên $\cos\delta \approx 1$.

Vậy x = S

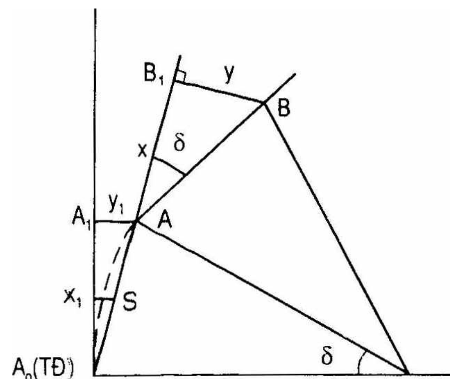
$$y = 2.S.\sin\frac{\delta}{2}.\cos\frac{\delta}{2} = 2S\sin\frac{\delta}{2} = 2y_1 \quad (4.7)$$

Đặt máy tại TĐ A_0, đo trên tiếp tuyến một đoạn x_1; tại A_1 kẻ đường thẳng góc A_1A đo y_1 được A (hoặc tại TĐ A_0 xác định một góc $\frac{\delta}{2}$ ($\widehat{A_1A_0A} = \frac{\delta}{2}$) lấy một đoạn S sẽ được A)

Kéo dài A_0A một đoạn x = S được B_1 dựng vuông góc $y = 2y_1$ sẽ được B.

Kéo dài AB một đoạn x sẽ được C_1 và tiếp tục làm theo B sẽ được C v.v...

Phương pháp này làm ở nơi có địa hình phức tạp hiểm trở.



Hình 4.3: *Sơ đồ cắm đường cong nằm theo dây cung kéo dài*

3) Phương pháp cắm nhiều tiếp tuyến:

Tại tâm O có góc β, chia góc β thành n phần bằng nhau;

$$\alpha = \frac{\beta}{n};\ (\alpha < 6^0)$$

Có $\quad A_1B_1 = R.tg\frac{\alpha}{2}$.

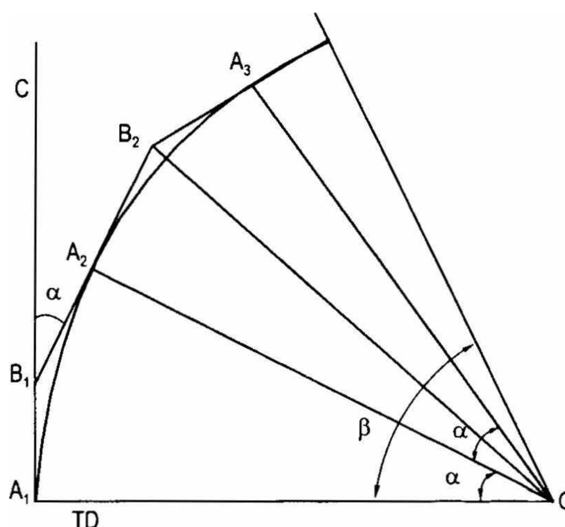
Cách làm như sau:

Kéo dài A_1C, tại A_1 đo đoạn $A_1B_1 = R.tg\frac{\alpha}{2}$ xác định được điểm B_1.

Tại B_1 đặt máy kinh vĩ, đo góc $CB_1A_2 = \alpha$

Trên B_1A_2 lấy $B_1A_2 = R.tg\frac{\alpha}{2}$ được A_2 là điểm trên đường cong. Kéo dài B_1A_2 một đoạn $A_2B_2 = R.tg\frac{\alpha}{2}$ được B_2. Đặt máy tại B_2 làm giống như khi đặt máy tại B_1 sẽ cắm được A_3. Làm tiếp tục sẽ được nhiều điểm. Phương pháp này đo trên địa hình phức tạp có nhiều cây cối.

Ngoài ra còn nhiều phương pháp như: Toạ độ một cực, phương pháp giao hội.



Hình 4.4: *Sơ đồ cắm đường cong nằm phương pháp nhiều tiếp tuyến*

4.2.2. Cách nối tiếp giữa đường thẳng và đường cong

Có 2 trường hợp nối tiếp các đường cong

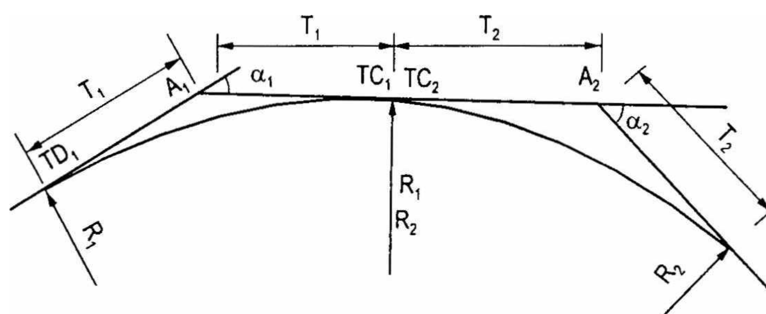
4.2.2.1. Đường cong cùng chiều

Trường hợp không thiết kế siêu cao ở đường cong, trong trường hợp này khoảng cách giữa 2 đỉnh của đường cong chỉ cần thoả mãn điều kiện:

$$A_1A_2 \geq T_1 + T_2 \qquad (4.8)$$

Có nghĩa là nối trực tiếp hai đường cong cơ bản với nhau.

Trường hợp có thiết kế siêu cao ở đường cong.



Hình 4.5: *Sơ đồ nối tiếp hai đường cong cùng chiều (nối trực tiếp)*

- Nếu độ dốc siêu cao của đường cong A_1 bằng độ dốc siêu cao của đường cong A_2 thì có thể nối trực tiếp như trường hợp không thiết kế siêu cao.

- Nếu độ dốc siêu cao của đường cong không giống nhau thì không thể bố trí trực tiếp được liền nhau mà giữa hai đường cong phải có 1 đoạn thẳng chen vào giữa.

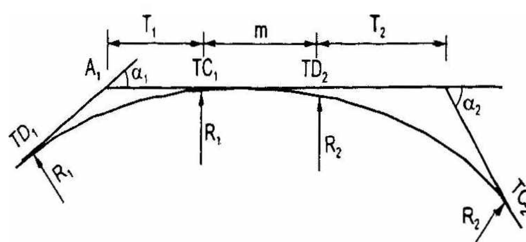
Có nghĩa là khoảng cách giữa 2 đỉnh A_1 và A_2 phải thoả mãn điều kiện:

$$A_1A_2 = T_1 + T_2 + m \quad (4.9)$$

Khoảng cách m phải thoả mãn:

$$m = l_1 + l_2$$

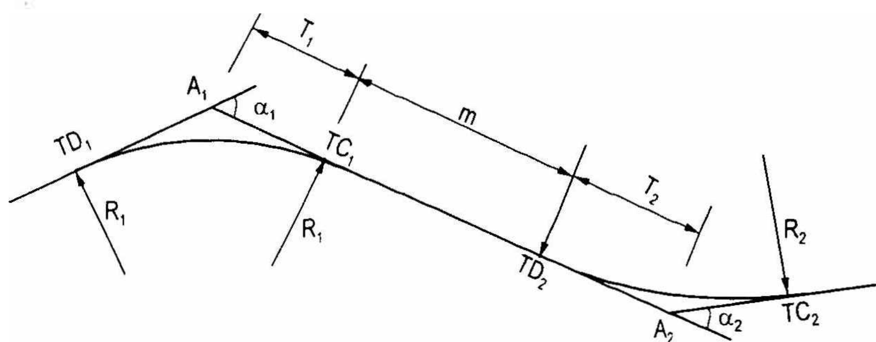
l_1 và l_2 là đoạn nối siêu cao của đường cong A_1 và A_2



Hình 4.6: Sơ đồ nối tiếp 2 đường cong cùng chiều (không trực tiếp)

4.2.2.2. Hai đường cong khác chiều

Khi nối hai đường cong khác chiều với nhau, mặc dầu các đường cong đó thiết kế siêu cao hay không thiết kế siêu cao đều phải có đoạn thẳng m chêm vào giữa 2 đường cong. Vì ngoài việc các đoạn để bố trí đoạn nối siêu cao (nối mở rộng, nối đường cong chuyển tiếp) còn phải có đoạn thẳng để người lái xe chuyển tiếp tay lái dễ dàng.



Hình 4.7: Sơ đồ nối tiếp hai đường cong khác chiều

Ta có: $A_1A_2 = T_1 + T_2 + m$

Trong đó: $m \geq l_1 + l_2$

Chú ý: Nếu trên đường cong có thiết kế:

- Đoạn nối siêu cao
- Đoạn nối mở rộng
- Đoạn đường cong chuyển tiếp

thì l_1, l_2 lấy trị số lớn nhất của 1 trong 3 số trên.

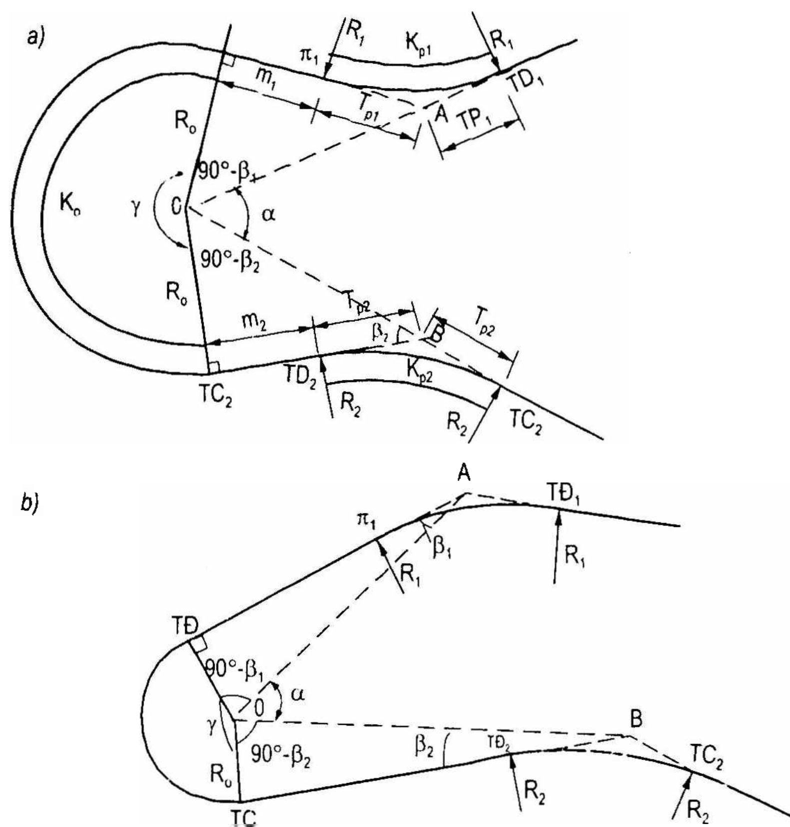
4.2.3. Thiết kế đường cong con rắn

Tại vùng đồi núi, địa hình hiểm trở, độ dốc dọc đôi khi rất lớn, không thể nối trực tiếp 2 điểm chuyển hướng với nhau được, do đó phải thiết kế đường cong con rắn để triển khai độ dốc, đường sẽ dài ra, độ dốc khắc phục được.

Có hai loại đường cong con rắn: Đường cong con rắn đối xứng và đường cong con rắn không đối xứng.

Các yếu tố của đường cong con rắn gồm:

- Một đường cong cơ bản K_0, bán kính đường cong chính R_0
- Hai đường cong phụ K_p, bán kính đường cong phụ R (R_1 và R_2)
- Hai đường thẳng chêm vào giữa đường cong cơ bản và đường cong phụ m_1 và m_2.
- Các góc chuyển hướng γ, β_1, β_2 và α
- Các bán kính đường cong chính R_0 và bán kính đường cong phụ R_1 và R_2.



Hình 4.8: *Sơ đồ tính toán đường cong con rắn*
a) đối xứng; b) không đối xứng.

Ta phải tính các yếu tố sau:

+ Tiếp tuyến đường cong phụ T_p:

$$T_{p1} = R_1.tg\frac{\beta_1}{2} \text{ và } T_{p2} = R_2.tg\frac{\beta_2}{2}$$

+ Chiều dài đường cong phụ K_p:

$$K_{p1} = \frac{\pi.R_1.\beta_1}{180} \text{ và } K_{p2} = \frac{\pi.R_2.\beta_2}{180}$$

+ Chiều dài đường cong chính K_0:

$$K_0 = \frac{\pi.R_0.\gamma}{180} = \frac{\pi R_0(180+\beta_1+\beta_2-\alpha)}{180}$$

(Nếu là đường cong con rắn đối xứng thì $T_{p1} = T_{p2}$ và $K_{p1} = K_{p2}$).

Ta có chiều dài của toàn bộ đường cong con rắn là:

$$L = K_{p1} + m_1 + K_0 + m_2 + K_{p2}$$

Ở đây - m_1 và m_2 là đoạn thẳng vào giữa 2 đường cong.

Thay vào ta có :

$$L = \frac{\pi.R_1.\beta_1}{180} + \frac{\pi.R_2.\beta_2}{180} + \frac{\pi.R_0(180+\beta_1+\beta_2-\alpha)}{180} + m_1 + m_2$$

$$= \frac{\pi}{180}\left[R_1\beta_1 + R_2\beta_2 + R_0(180+\beta_1+\beta_2-\alpha)\right] + m_1 + m_2$$

Khi thiết kế cần phải xác định R_1, R_2 và R_0.

Đo góc β_1, β_2 và α. Đo 2 đoạn thẳng chêm vào giữa m_1 và m_2.

Thiết kế đường cong con rắn chỉ là trường hợp bắt buộc.

Các yếu tố đường cong con rắn thường lấy theo quy định tối thiểu dưới đây.

Bảng 4.2. Các yếu tố của đường cong con rắn

Các yếu tố đường cong con rắn	Theo V (km/h)		
	20	25	30
R_0 min (m)	15,0	20,0	30,0
m min (m)	20,0	25,0	30,0
i_{sc} max (%)	6,0	6,0	6,0
i dọc max (%)	4,0	3,5	3,0
Trị số mở rộng mặt đường về phía trong	3,0	2,5	2,0

4.2.4. Thiết kế siêu cao và đoạn nối siêu cao

4.2.4.1. Thiết kế siêu cao

Tại các đường cong nằm thiết kế bán kính nhỏ không thoả mãn điều kiện:

$$R \geq \frac{V^2}{127(\mu \pm i_0)} \tag{4.10}$$

thì phải thiết kế siêu cao để xe chạy an toàn, êm thuận với tốc độ nhất định.

Thiết kế siêu cao là trên độ dốc ngang của mặt cắt ngang trên đường xe chạy, thiết kế độ dốc ngang một mái (hướng vào tim vòng tròn) để lấy độ dốc siêu cao chống lại lực li tâm do xe chạy ở đường cong có bán kính nhỏ sinh ra.

Công thức tính toán đường cong nằm, ta có công thức tính độ dốc siêu cao là:

$$i_{sc} = \frac{V^2}{127.R} - \mu \tag{4.11}$$

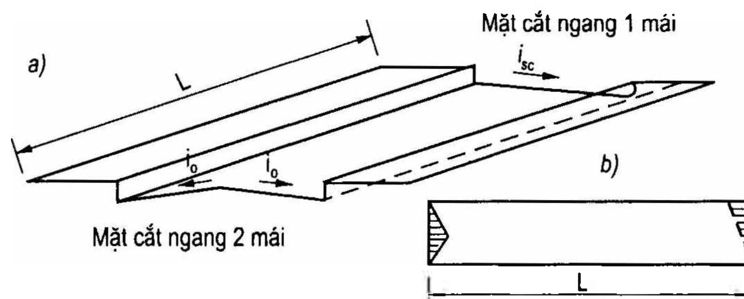
Ở đây hệ số lực ngang $\mu = 0,1 \div 0,15$.

Trị số i_{sc} lấy từ 3% - 6% (lấy tròn số), trong đường đô thị không nên lấy > 4%.

Khi chiều rộng phần xe chạy < 10,5m có thể làm 1 siêu cao, khi chiều rộng phần xe chạy > 10,5m làm siêu cao độc lập để tiết kiệm khối lượng và dễ cấu tạo.

4.2.4.2. Chiều dài đoạn nối siêu cao

Chiều dài đoạn nối siêu cao là chiều dài nối giữa đoạn đường thẳng và đường cong để biến mặt cắt ngang 2 mái (ở đoạn thẳng) sang mặt cắt ngang 1 mái (ở đường cong)



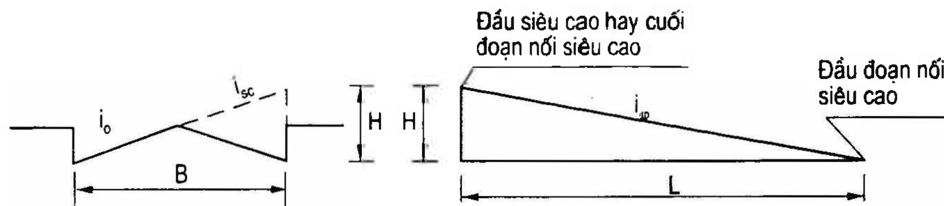
Hình 4-9: *Sơ đồ bố trí đoạn đường cong nối siêu cao*
a) Toàn bộ mặt cắt ngang đường ; b) Riêng phần đường xe chạy

Chiều dài đoạn nối siêu cao L tính như sau:

$$L = \frac{H}{i_\varphi} = \frac{B.i_{sc}}{i_\varphi} \tag{4.12}$$

Ở đây $H = B.i_0 = B.i_{sc}$; ($i_0 = i_{sc}$);

H - chiều cao nâng cao mép ngoài nền đường;



Hình 4.10: Sơ đồ tính toán chiều dài đoạn nối siêu cao

B - chiều rộng phần đường xe chạy;

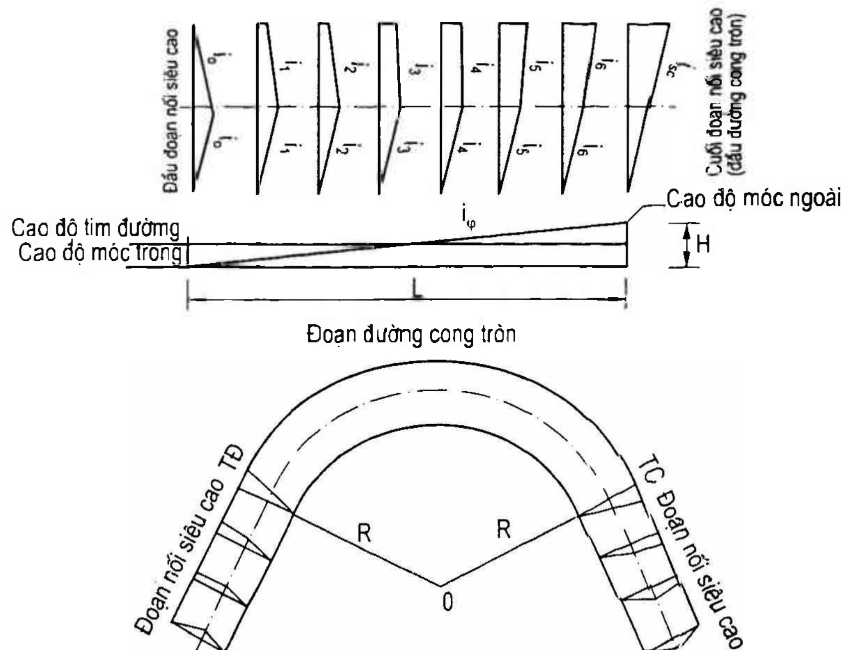
i_0 và i_{sc} - như trên;

i_φ - độ dốc ở mép phần đường xe chạy (rãnh biên) do siêu cao tạo ra : $i_\varphi \approx 1\% - 2\%$.

4.2.4.3. Trình tự bố trí đoạn nối siêu cao

Phương pháp này lấy tâm quay là tim phần đường xe chạy. Chuyển dần trắc ngang phần đường xe chạy 2 mái (ở đầu đoạn nối siêu cao) sang trắc ngang phần đường xe chạy 1 mái bằng cách tăng dần độ dốc ngang phần đường xe chạy phía ngoài lên còn độ dốc ngang phần đường xe chạy phía trong vẫn giữ nguyên. Độ dốc ngang phần xe chạy phía ngoài nâng lên đến khi trị số độ dốc ngang bằng độ dốc phần trong (cùng 1 hướng dốc). Tiếp tục nâng dần lên đến khi độ dốc ngang mặt đường $i_0 \approx i_{sc}$ tức là độ dốc ngang bằng độ dốc siêu cao thiết kế, lúc này mặt cắt ngang có 1 mái dốc và có $i_0 = i_{sc}$ là điểm của đường cong cơ bản (điểm TĐ hoặc TC). Đoạn đường cong cơ bản có độ dốc ngang phần đường xe chạy bằng i_{sc}.

Trình tự bố trí theo sơ đồ dưới đây:



Hình 4.11: Sơ đồ bố trí đoạn nối siêu cao trên đường cong

4.2.5. Thiết kế đường cong chuyển tiếp

Bố trí đường cong chuyển tiếp là để xe chuyển hướng một cách từ từ, từ đường thẳng vào đường cong, cho tới góc chuyển hướng cần thiết, tương ứng với bán kính đường cong cần thiết kế. Cũng do đó mà lực ly tâm tăng lên dần dần làm giảm sự xóc ngang khi đi xe vào đường cong tròn.

4.2.5.1. Phương trình đường cong chuyển tiếp

Căn cứ vào hình vẽ 4.11, khi ô tô chuyển từ đường thẳng vào đường cong ta có:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{L_0}{\rho}. \qquad (4.13)$$

Trong đó: ρ - bán kính ứng với góc α;

α - góc chuyển hướng của ôtô;

L_0 - chiều dài từ trục trước tới trục sau.

Vì α nhỏ nên có thể lấy $\alpha = \frac{L_0}{\rho}$

Góc α hợp thành giữa trục bánh trước và trục xe từ chỗ bằng không trên đường thẳng tới chỗ bằng α (trên đường cong).

Bán kính ρ từ chỗ bằng ∞ chuyển sang bằng R.

Lực ly tâm từ chỗ bằng 0 đạt tới giá trị $\frac{Gv^2}{gR}$.

Đường cong chuyển tiếp có tác dụng làm cho sự biến đổi hài hoà không gây cảm giác khó chịu cho người trên xe, đồng thời làm cho tuyến đường hài hoà hơn, tầm nhìn đảm bảo hơn, mức độ tiện nghi tăng rõ rệt. Đối với đường cao tốc, theo tiêu chuẩn TCVN 5729 - 97 quy định tất cả các đường cong nằm đều phải thiết kế đường cong chuyển tiếp, còn đối với đường ô tô khi tốc độ tính toán từ 60 km/h trở lên phải thiết kế đường cong chuyển tiếp.

Dạng của đường cong chuyển tiếp tốt nhất được thiết kế theo đường cong Colôtôit. Ta có phương trình đường cong Colôtôit như sau:

$$S = \frac{C}{\rho} \qquad (4.14)$$

Trong đó: S - chiều dài ứng với trị số ρ và α của đường cong chuyển tiếp ;

C - thông số đường cong chuyển tiếp;

ρ - bán kính cong ứng với góc α .

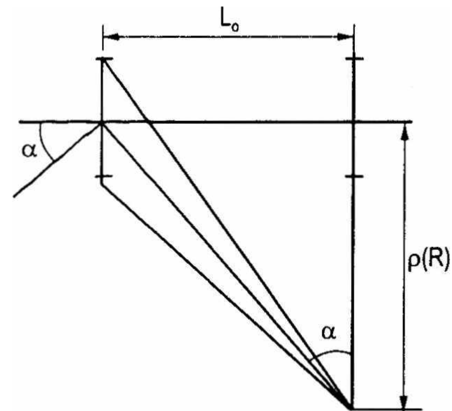
Tại điểm cuối của đường cong chuyển tiếp có: $S = L$ và $\rho = R$

Công thức có dạng: $L = \frac{C}{R}$

Tại điểm đầu của đường cong chuyển tiếp có:

$$S = 0 \text{ và } \rho = \infty \tag{4.15}$$

Phương trình trên gọi là phương trình đường xoắn ốc hay phương trình Clôtôit, phương trình này hoàn toàn làm thoả mãn phương trình chuyển động của ôtô chuyển từ đường thẳng vào đường cong.



Hình 4.12: *Sơ đồ tính toán đường cong chuyển tiếp*

Vậy đặc điểm của đường cong chuyển tiếp là sự giảm dần bán kính cong ρ theo tỷ lệ ngược với chiều dài đường cong S tính từ điểm đầu của nó.

Nếu dùng hoành độ x thay cho chiều dài đường cong S thì được phương trình:

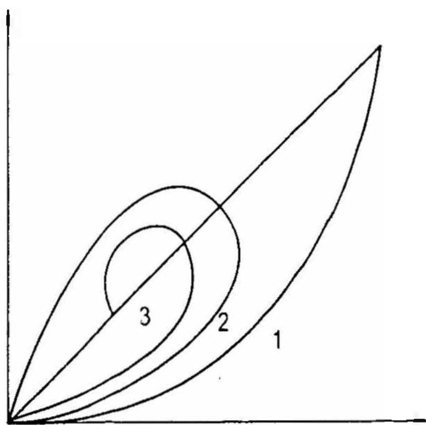
$$\rho = \frac{C}{x} \tag{4.16}$$

Đây là phương trình parabôn bậc 3.

Nếu dùng dây cung a thay cho S ta có:

$$\rho = \frac{C}{a} \tag{4.17}$$

Đây là phương trình đường cong Bécnuli (hình 4.13).



Hình 4.13: *Sơ đồ so sánh ba loại đường cong chuyển tiếp*
1. Đường cong parabôn bậc 3;
2. Đường cong Béc nu li;
3. Đường cong Clôtôit

4.2.5.2. Tính chiều dài đường cong chuyển tiếp

Khi xe đi vào đường cong chuyển tiếp, gia tốc li tâm của nó tăng dần từ 0 đến v^2/R và suốt một thời gian là t, quãng đường đi được là L. Ta sẽ có:

Độ tăng của gia tốc ly tâm:

$$J = \frac{v^2}{Rt} \rightarrow t = \frac{v^2}{JR} \quad (4.18)$$

Chiều dài quãng đường:

$$L = v.t$$

Hay:

$$L = v\frac{v^2}{JR} \rightarrow L = \frac{v^3}{J.R} \quad (4.19)$$

Nếu v tính bằng km/h có:

$$L = \frac{V^3}{47.JR} \rightarrow L = \frac{V^3}{23,5.R} \quad (4.20)$$

J- độ tăng gia tốc ly tâm, Mỹ lấy $J = 0,3 \div 0,9$ m/s^3, Pháp lấy $J = 0,65 \div 1$ m/s^3, Việt Nam lấy $J = 0,5$ m/s^3.

Có thể tham khảo giá trị đường cong chuyển tiếp theo quy trình Việt Nam (bảng 4.3).

Bảng 4.3. Chiều dài đường cong chuyển tiếp tối thiểu
(theo TCVN 5729-1997)

Đường cong bằng	Tốc độ tính toán km/h							
	60		80		100		120	
	R	L	R	L	R	L	R	L
R_{min} tuyệt đối	140	150	240	170	450	210	650	210
R_{min} thông thường	250	90	450	140	650	150	1000	150
Một số đường cong khác	450	50	675	75	900	100	1125	125

4.2.5.2. Trình tự tính toán và cắm đường cong chuyển tiếp

1. Xác định các yếu tố đường cong tròn ứng với góc chuyển hướng α và bán kính R.

2. Chọn chiều dài đường cong chuyển tiếp L theo công thức hay theo bảng.

3. Kiểm tra điều kiện bố trí đường cong chuyển tiếp:

$$2\varphi \leq \alpha$$

Trong đó φ là góc tạo bởi tiếp tuyến cuối đường cong chuyển tiếp với trục hoành.

$$\varphi = \frac{L}{2R} \text{ (tính theo radian)}$$

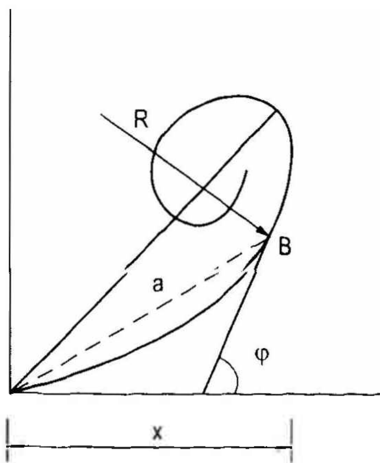
Nếu điều kiện $2\varphi \leq \alpha$ không thoả mãn thì cần tăng thêm bán kính R của đường cong tròn để giảm chiều dài đường cong chuyển tiếp.

4. Xác định trị số chuyển dịch p theo công thức:

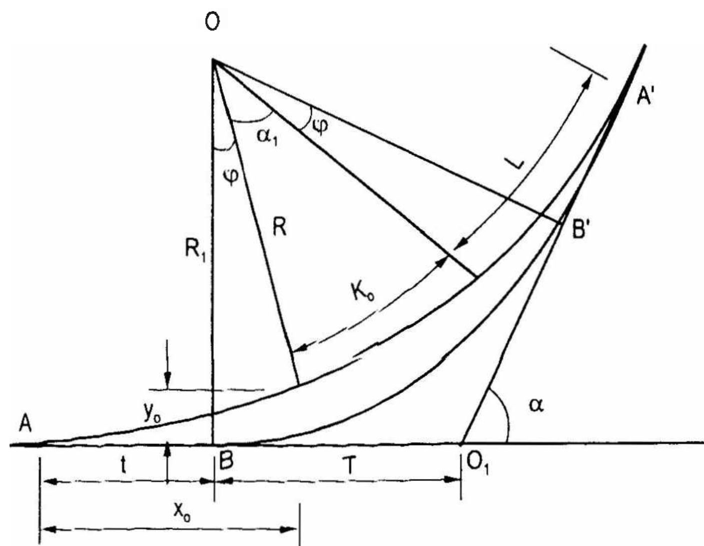
$$p = y_0 - R(1 - \cos\varphi) \text{ hay } p \approx \frac{L}{24R}$$

Xác định khoảng cách từ điểm đầu đường cong chuyển tiếp đến điểm đầu đường cong khi chưa đặt đường cong chuyển tiếp.

$$t = x_0 - R\sin\varphi \left(t \approx \frac{L}{2} \right)$$



Hình 4.14: Đường cong chuyển tiếp



Hình 4.15: Sơ đồ sau khi đã bố trí đường cong chuyển tiếp

Trong đó x_0 và y_0 là hoành độ và tung độ của điểm cuối đường cong chuyển tiếp.

5. Nếu trị số chuyển dịch p > 0,01R thì chọn bán kính đường cong tròn là $R_1 = R + p$ và xác định các yếu tố khác của đường tròn theo R_1.

6. Khi bố trí đường cong chuyển tiếp thì chiều dài của đường cong tròn bị thu lại vì góc ở tâm chỉ còn là $\alpha_0 = \alpha - 2\varphi$

Xác định K_0 ứng với góc α_0 : $K_0 = \dfrac{\pi.R\alpha_0}{180}$

7. Xác định lý trình điểm đầu và điểm cuối của đường cong chuyển tiếp và trị số rút ngắn D:

Điểm đầu $TĐ_{ct} = D - (T + t)$

Điểm cuối: $TC_{ct} = TĐ_{ct} + K_0 + 2L$

Trị số rút ngắn: $D = 2(T_1 + t) - (K_0 + 2L)$

Trong đó D là lý trình tại điểm O_1 (xem hình 4.15).

8. Xác định các điểm trung gian trên đường cong chuyển tiếp theo công thức:

$$x = S - \frac{S^5}{40C^2} + \frac{S^9}{3456C^4} + ...$$

$$y = \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} + \frac{S^{11}}{42240C^5} + ...$$

Trong đó cần giả thiết S = 5, 10, 15 ... rồi tính ra x và y.

9. Cắm đường cong tròn còn lại.

4.2.6. Cách thể hiện bản vẽ bình đồ, tuyến đường

Tuỳ theo giai đoạn thiết kế, bình đồ tuyến đường được vẽ theo các tỷ lệ:

- Thiết kế sơ bộ: ngang 1/2000 cao 1/200;
- Thiết kế kỹ thuật 1/1000 hay 1/500 cao 1/100 hay 1/50.

Trên bản vẽ bình đồ tuyến thể hiện các điểm sau:

4.2.6.1. Đối với đường phố thiết kế mới

Cắm các cọc ở điểm đầu tuyến, điểm cuối tuyến, các cọc tại ngả giao nhau, tại điểm chuyển hướng và tại những nơi địa hình thay đổi.

Tại các điểm chuyển hướng thiết kế đường cong nằm và các yếu tố khác của đường cong. Cần ghi rõ các yếu tố đường cong α, R, T, K, P. Cắm các cọc tiếp điểm đầu và cuối của đường cong chuyển tiếp, đường cong tròn cơ bản.

Căn cứ vào mặt cắt ngang thiết kế xác định giới hạn đường đỏ của đường phố, bó vỉa, dải phân cách.

Bố trí các cọc 20m, 25m, hay 50m cũng như các cọc phụ để làm cơ sở cho thiết kế mặt cắt dọc tuyến đường và mặt cắt ngang.

Ghi cốt khống chế cao độ các điểm đầu, điểm cuối các điểm chuyển hướng để làm cơ sở cắm tuyến.

Xác định hình dáng kích thước phạm vi ngả giao nhau trên đường phố.

Vị trí cống thoát nước ngang, giếng thu nước giếng thăm và các đường ống thoát nước.

Vị trí các công trình đường dây đường ống ngầm.

Các công trình kiến trúc liền hai bên đường phố.

4.2.6.2. Đối với đường cũ cải tạo lại

Thể hiện tất cả các điểm nói ở trên, ngoài ra còn thể hiện thêm các điểm:

+ Vị trí đường đỏ hiện tại của đường phố, phần đường xe chạy, vỉa hè và các dải phân cách nếu có.

+ Các đường dây, đường ống ngầm và các công trình thoát nước hiện có.

+ Những công trình kiến trúc hai bên đường do cải tạo, mở rộng tuyến đường mà phải phá dỡ đi.

4.2.6.3. Sự khác nhau giữa bình đồ tuyến đường ngoài đô thị và đường đô thị

Đối với đường đô thị, tuyến đường khi thiết kế thường đã được xác định trong quy hoạch xây dựng đô thị. Tuỳ theo các giai đoạn thiết kế quy hoạch xây dựng trước đó đã được phê duyệt, mà những khống chế về mặt bằng tuyến có khác nhau về mức độ chi tiết. Như vậy khi thiết kế tuyến đường đô thị cần phải tham khảo một cách kỹ lưỡng những đồ án quy hoạch xây dựng đang được thực thi cũng như những bản vẽ của những tuyến đường khác có liên quan tới tuyến đường đang được nghiên cứu. Thông thường mặt bằng tuyến được khống chế tại những nút giao thông, những điểm chuyển hướng.

Do đường đô thị có liên quan chặt chẽ với khu đô thị hai bên đường, khi thể hiện mặt bằng tuyến đường đô thị những yếu tố kiến trúc và giao thông hai bên đường được thể hiện. Như vậy thông thường mặt bằng tuyến đường đô thị thường được thể hiện rộng hơn sang hai bên để có thể thể hiện được những chi tiết của khu xây dựng hai bên đường. Đây chính là điểm khác căn bản với đường ngoài đô thị.

Chương 5

THIẾT KẾ MẶT CẮT DỌC ĐƯỜNG

Mặt cắt dọc (trắc dọc) đường là hình chiếu các yếu tố lên một mặt thẳng đứng qua tim.

Trên mặt cắt dọc của đường đô thị biểu thị các yếu tố độ dốc dọc của đường và độ cao phần xe chạy so với mặt đất tự nhiên. Mặt cắt dọc đường là do các đoạn đường có độ dốc khác nhau nối liền với nhau bằng đường cong đứng tạo thành.

Mặt cắt dọc đường đô thị vẽ theo tim của phần xe chạy. Nếu có nhiều phần xe chạy khác nhau, thì cũng vẽ mặt cắt dọc của các phần xe chạy khác nhau. Nếu rãnh biên có độ dốc dọc khác với phần đường xe chạy, thì cũng phải vẽ mặt cắt dọc của rãnh biên, thường phải thể hiện rãnh biên phải và rãnh biên trái của mặt cắt ngang đường. Trong nhiều trường hợp khi địa hình phức tạp để thể hiện tính chính xác của bản vẽ thi công ta còn phải thể hiện cả mặt cắt dọc của đường đỏ. Trong các mặt cắt dọc kể trên, mặt cắt dọc phần xe chạy là cơ bản.

Độ dốc dọc của đường biểu thị bằng tỷ lệ phần nghìn hoặc phần trăm. Đường biểu thị độ cao của mặt đất nền là đường mặt đất hay đường đen, đường biểu thị độ cao của mặt đường tương lai là đường thiết kế hay đường đỏ. Hiệu của độ cao thiết kế và độ cao mặt đất là độ cao thi công. Độ cao thi công lớn hay bé quyết định chiều sâu dào và chiều cao đắp của nền đường.

Khi thiết kế mặt cắt dọc đường đô thị, cần chú ý một số điểm sau :

1. Khi độ dốc dọc của đường nhỏ hơn độ dốc nhỏ nhất thì phải thiết kế mặt cắt dọc rãnh biên và xác định hợp lý vị trí đặt giếng thu nước mưa.

2. Có nhiều điểm khống chế cao độ của đường như cao độ khống chế trong quy hoạch chiều cao đô thị tại các ngả giao nhau, đầu cầu, đỉnh cống, nút giao cắt khác cốt, đường sắt, nền công trình hai bên đường cần phải tuân thủ theo quy hoạch.

5.1. YÊU CẦU ĐỐI VỚI THIẾT KẾ MẶT CẮT DỌC ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

Thiết kế mặt cắt dọc tuyến đòi hỏi phải suy nghĩ tổng hợp nhiều mặt và chú ý tới bốn yêu cầu tới đây.

- Về phương diện xe chạy

Mặt cắt dọc phải đảo bảo cho xe cộ có đủ sức để khắc phục mọi lực cản trên đường, đảm bảo cho xe cộ có đủ tốc độ để lên dốc. Có chiếu cố thích đáng đến các loại xe thô sơ.

Đảm bảo cho xe chạy an toàn, tại những chỗ thay đổi độ dốc cần đảm bảo tầm nhìn ban ngày cũng như ban đêm, khống chế chiều dài các đoạn dốc ở những đoạn đường có độ dốc lớn.

- Về điều kiện tự nhiên khu vực tuyến

Khi thiết kế mặt cắt dọc tuyến phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất và thuỷ văn... để đảm bảo cho tuyến đường ổn định, đảm bảo cho xe chạy thông suốt trong các mùa, trong mọi điều kiện thời tiết. Trên cơ sở đảm bảo các chỉ tiêu thiết kế tuyến đường bám sát lấy địa hình, tránh đào đắp với khối lượng quá lớn.

- Về mặt kết hợp với quy hoạch chung của đô thị

Thiết kế mặt cắt dọc phải tuân thủ cốt khống chế của quy hoạch san nền, tiêu thuỷ chung của đô thị. Phối hợp chặt chẽ với cốt xây dựng các công trình ở hai bên phố; đảm bảo cốt xây dựng tuyến đường phù hợp cho các công trình đường dây đường ống ngầm.

- Về phương diện kinh tế

Thiết kế thế nào để khối lượng san lấp trên đường ít nhất, dùng được các vật liệu địa phương, đảm bảo cho giá thành xây dựng tuyến đường thấp nhất, phí tổn đi lại và sửa chữa đường ít nhất.

Căn cứ vào một số yêu cầu trên, khi thiết kế mặt cắt dọc phải tuân theo các nguyên tắc sau:

- Về độ dốc dọc: Trên cơ sở đảm bảo nền đường ổn định và địa hình thiên nhiên, đối với đường đô thị và điều kiện xe chạy thì độ dốc dọc càng nhỏ càng tốt, nhất là những đường có cấp bậc cao. Song không vì thế mà thiết kế độ dốc dọc bằng không, vì nếu i = 0, khó tổ chức thoát nước mặt.

- Cốt thấp nhất của mặt cắt dọc phải cao hơn cốt ngập lụt, tuân thủ cốt khống chế do quy hoạch chung xây dựng đô thị đã xác định. Cốt ở các rãnh nước biên phải lấy thấp hơn cốt xây dựng các công trình hai bên đường phố để đảm bảo thoát nước mưa cho đường và các công trình hai bên đường.

- Cốt thiết kế ở các ngả giao nhau trên đường nhất thiết phải theo cốt quy định chung cho tuyến đường đó.

- Nếu trên đường có nhiều loại xe chạy, nhất là xe thô sơ, khi thiết kế độ dốc dọc và chiều dài dốc nên có sự chiếu cố thích đáng.

- Để đảm bảo thoát nước mặt được dễ dàng độ dốc dọc của đường (thông thường cũng là độ dốc dọc của rãnh biên, không nên lấy nhỏ hơn độ dốc dọc quy định cho thoát nước ($i \geq 4‰$)). Trong trường hợp thiết kế độ dốc dọc nhỏ hơn thì phải thiết kế rãnh biên hình rãnh cưa.

5.2. CAO ĐỘ KHỐNG CHẾ

Cao độ khống chế đối với đường đô thị có liên quan mật thiết tới quy hoạch chung về san nền thoát nước mưa toàn đô thị. Người thiết kế đường đô thị phải tìm hiểu các tài liệu quy hoạch xây dựng có liên quan để xác định cao độ khống chế hợp lý.

Các cao độ khống chế, khi thiết kế mặt cắt dọc, cần được đánh dấu rõ ràng. Độ cao khống chế trong đường đô thị thường là các điểm sau: cao độ điểm đầu, điểm cuối tuyến đường, độ cao tại các điểm giao cắt với các trục đường bộ khác, giao cắt với đường sắt, độ cao mặt cầu, mặt cống, cốt ngập lụt, cao độ các công trình quan trọng xây dựng hai bên đường.

5.3. THIẾT KẾ MẶT CẮT DỌC TUYẾN ĐƯỜNG PHỐ

Dọc theo tim đường từ đầu đến cuối tuyến đường làm một mặt cắt thẳng đứng, trên đó có thể hiện độ dốc dọc, các cốt thiên nhiên và cốt thiết kế của mỗi cọc được gọi là thiết kế mặt cắt dọc của tuyến đường.

Mặt cắt dọc của đường đô thị được vẽ theo tim đường nếu có cấu tạo mặt cắt ngang là đường một dải hoặc đường ba dải. Còn nếu mặt cắt ngang là đường hai dải (đường có dải phân cách ở giữa) thì mặt cắt dọc được vẽ theo chân bó vỉa của dải phân cách. Ngoài ra nếu rãnh biên có độ dốc dọc khác với độ dốc dọc của tim đường (hay chân bó vỉa của đường có mặt cắt ngang hai dải) thì cũng phải vẽ mặt cắt dọc của rãnh biên.

Độ dốc dọc thiết kế của đường được ghi bằng phần trăm hay phần nghìn, độ dốc dọc có thể vẽ bằng mầu đỏ.

5.3.1. Xác định độ dốc dọc thiết kế của tuyến đường

Trong thiết kế độ dốc dọc tuyến, cần phải xác định chính xác độ dốc lớn nhất (i_{max}) và sơ bộ xác định độ dốc dọc nhỏ nhất (i_{min}) để đảm bảo thoát nước.

5.3.1.1. Độ dốc dọc lớn nhất (i_{max})

Muốn xác định độ dốc dọc lớn nhất của tuyến đường phải căn cứ vào loại đường phố (cấp đường đô thị) số lượng và thành phần xe chạy trên đường, điều kiện địa hình, địa chất và tình hình xây dựng công trình hai bên đường.

Yêu cầu xe chạy nhiều, tốc độ cao, chất lượng đường phố tốt thì độ dốc dọc phải thiết kế nhỏ, chiều dài đoạn dốc có thể dài. Nếu tuyến đường xây dựng ở khu vực đồng bằng, yêu cầu trên dễ đạt được. Còn đường cấp thấp, số lượng xe đi lại ít, tốc độ nhỏ và xây dựng ở vùng trung du đồi núi thì độ dốc dọc có thể lấy lớn hơn.

- Đường đi bộ ngắn hơn 300m cho phép lấy độ dốc dọc lớn nhất là 60‰; ở miền núi là 80‰.

- Đối với đường phố mà phương tiện xe đạp là chính thì cần so sánh cơ sở kinh tế kỹ thuật để chọn độ dốc dọc cho phù hợp. Theo ý kiến nhà giáo Nguyễn Tất Dậu, độ dốc lớn nhất đối với đường xe đạp nên lấy là 0,003 và chiều dài độ dốc dọc lớn nhất không lớn hơn 150m.

- Đối với những đường phố ở ngoại ô đô thị hoặc những đường ở thị trấn, khi thiết kế độ dốc dọc lớn nhất ngoài việc chú ý đến xe đạp, còn cần phải chú ý đến xe thô sơ, xe súc vật kéo (xe cải tiến, xe trâu, xe bò, xe ngựa v.v...); nói chung không nên lấy độ dốc dọc lớn quá.

- Đối với những nơi có thiết kế bán kính đường cong nhỏ, thì độ dốc dọc của tuyến đường không được lấy trị số lớn nhất (như bảng 5.1 quy định)

Bảng 5.1. Độ dốc dọc lớn nhất của tuyến đường (20TCN - 104 - 83)

Cấp đường phố	Độ dốc dọc lớn nhất i_{max}(‰)
Đường cao tốc	40
Đường phố chính cấp I	50
Đường phố chính cấp II	50
Đường khu vực	60
Đường vận tải	40
Đường khu nhà ở	80
Đường trong khu công nghiệp và kho tàng	60
Đường tiểu khu	80
Đường đi bộ	40
Đường xe dạp	50 (40)

Ghi chú: *Đối với các đô thị miền núi và các đô thị cải tạo cho phép tăng độ dốc dọc của đường phố chính và đường vận tải thêm 10‰. Đường khu vực và đường nội bộ tăng thêm 20‰.*

- Trên đường dốc lớn có đường vòng với R nhỏ. điều kiện xe chạy rất xấu, vì vậy độ dốc mép trong mặt đường lớn hơn độ dốc dọc tim đường. R càng nhỏ, độ dốc này càng lớn. Do vậy, khi ở tim đường có i_{max}, thì ở mép trong mặt đường có độ dốc dọc lớn hơn i_{max}. Để đảm bảo xe chạy an toàn và êm thuận, cần giảm i_{max}. Tiêu chuẩn thiết kế đường đô thị (20TCN - 104 - 83) quy định trị số chiết giảm đối với i_{max} trên đường vòng có bán kính nhỏ xác định theo bảng 5.2.

Bảng 5.2. Trị số chiết giảm độ dốc của tuyến đường

R (m)	30-35	30	25	20	15
Trị số giảm dốc dọc %	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

5.3.1.2. Độ dốc dọc nhỏ nhất (i_{min})

Trong thiết kế đường có thể đề cập đến việc thiết kế độ dốc dọc nhỏ nhất, bởi vì độ dốc dọc nhỏ nhất không hề có ảnh hưởng gì đến tốc độ xe chạy và tính năng, động lực của xe. Nhưng đây là thiết kế đường đô thị mà một trong những nhiệm vụ của đường phố là đảm bảo thoát nước mặt, cho nên cần phải đề cập tới.

Để đảm bảo cho đường phố thoát nước mưa thì độ dốc dọc của rãnh thoát nước tuyến đường không nhỏ hơn 4‰ (thực ra là độ dốc dọc của rãnh biên, nhưng vì độ dốc dọc của rãnh biên thông thường cùng trị số với độ dốc dọc của tim đường khi i_d > 4‰).

Trong thực tế các đô thị vùng đồng bằng (Hà Nội, Hải Dương, Hải Phòng v.v...) vì là vùng đồng trũng, địa hình thấp và rất bằng phẳng nên nhiều khi độ dốc dọc đường lấy bằng 0 hoặc nhỏ hơn 4‰. Trong trường hợp này phải thiết kế rãnh biên hình răng cưa nghĩa là phải tạo ra độ dốc dọc ở rãnh biên khác với độ dốc dọc ở tim đường để thoát nước dọc đường. Còn mặt đường chủ yếu là thoát nước theo độ dốc ngang.

5.3.1.3. Độ dốc ở những nơi có công trình cầu, cống

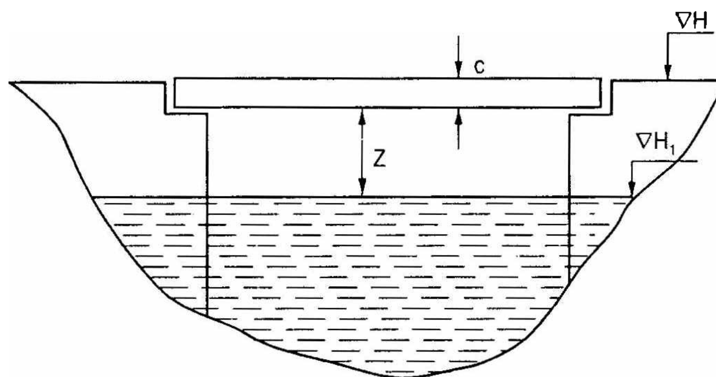
Cầu hoặc cống là những công trình điểm trên tuyến đường, nhưng tính chất và yêu cầu kỹ thuật của nó lại rất quan trọng, phải đảm bảo sao để chúng không ảnh hưởng đến tốc độ, sự êm thuận, khi xe chạy mà vẫn thoả mãn yêu cầu sử dụng của cầu và cống.

Cầu và cống có thể bố trí tuỳ theo yêu cầu của tuyến đường dựa trên điều kiện địa hình thực tế, trong điều kiện phối hợp thống nhất giữa bình đồ và mặt cắt dọc.

Thông thường đối với những yêu cầu lớn giá thành xây dựng đắt, cấu tạo và xây dựng phức tạp thì phải chú ý từ khâu chọn vị trí cho đến khâu xác định cốt thiết kế.

Độ dốc dọc thiết kế trên cầu cống cũng giống như độ dốc dọc ở trên đường và đều phải đảm bảo tầm nhìn trên bình đồ cũng như trên mặt cắt dọc.

Muốn thiết kế độ dốc dọc ở những nơi có công trình cầu cống, việc quan trọng nhất là xác định đúng và hợp lý cao độ thiết kế.



Hình 5.1: *Sơ đồ xác định cốt thiết kế cầu*

- Cốt thiết kế của đường ở chỗ có cầu

Đối với cầu vượt sông:

Nếu gọi H là cốt thiết kế trên mặt cầu ta có:

$$H = H_l + Z + C \text{ (m)} \qquad (5.1)$$

Trong đó:

H_l - cốt thiết kế mặt nước tính toán (m).

C - chiều cao kết cấu của cầu.

Z - chiều cao từ mực nước tính toán tới đáy cầu (m). Z phụ thuộc vào cấp sông, có nghĩa là phụ thuộc vào gabarit thông thuyền của các phương tiện giao thông chạy qua phía dưới. Đối với sông không có thông thuyền, phải lấy $Z \geq 0{,}5$m.

Đối với cầu vượt qua đường phố:

Nếu gọi H là cốt thiết kế của mặt đường trên cầu ta có:

$$H = H_l + Z + C \text{ (m)}$$

Trong đó:

H_l - cốt thiết kế mặt đường dưới cầu (m).

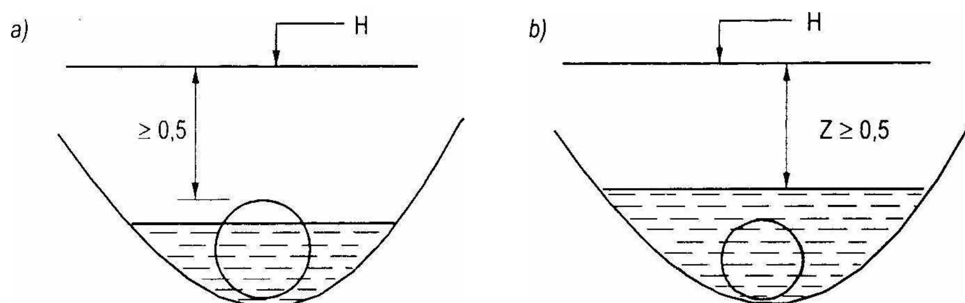
C - chiều dày của cầu.

Z - tĩnh không dưới cầu (m). Z phụ thuộc vào cấp đường phía dưới và phương tiện giao thông chạy phía dưới cầu:

- Ôtô: $Z \geq 4{,}5$m đối với đường cao tốc $Z \geq 4{,}75$m
- Xe điện: $Z \geq 5{,}5$m.
- Xe lửa: đầu máy hơi nước $Z \geq 6{,}125$m.
  đầu máy điện khí hoá $Z \geq 6{,}45$m.

- Khi chỉ có xe thô sơ: $Z \geq 2{,}5$m.

- Cốt thiết kế của đường trên cống:



***Hình 5.2:** Sơ đồ xác định cốt thiết kế tại nơi có cống qua đường*
a) Cống chảy không áp; b) Cống chảy có áp.

Đối với cống thoát nước qua đường, dù có áp hay không áp, thì cốt thiết kế mặt đường trên đó lấy như sau :

Nếu gọi H là cốt thiết kế tại mặt đường trên cống thì:

$$H = H_1 + 0,5 \text{ (m)} \qquad (5.2)$$

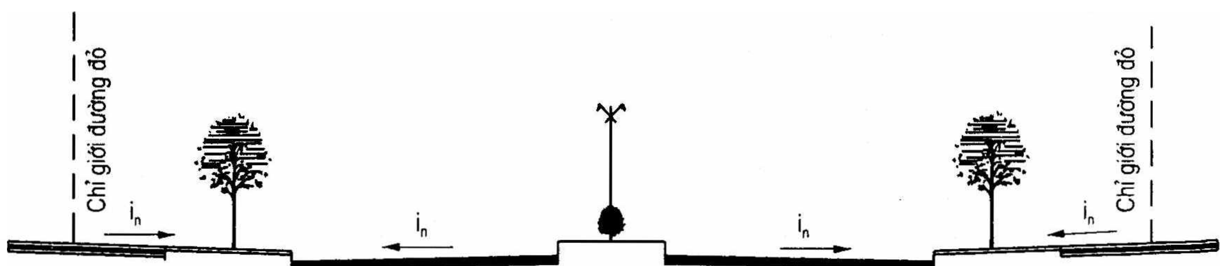
Ở đây: H_1 là cốt thiết kế ở đỉnh cống (đối với cống không áp) hoặc là cốt thiết kế của mực nước dềnh trước miệng cống (m).

Để tránh việc nâng cao nền đắp ở vị trí thiết kế cống qua đường, có thể đào sâu thêm đáy dòng chảy rồi mới đặt cống, như vậy sẽ thấp hơn mặt đất thiên nhiên của dòng chảy. Ngoài ra có thể thay loại cống có Φ lớn bằng hai cống hay ba cống có loại Φ nhỏ hơn.

5.3.1.4. Độ cao của công trình hai bên đường

Đường đô thị ngoài mục đích phục vụ giao thông còn có nhiệm vụ tạo điều kiện tốt nhất để con người cảm nhận được vẻ đẹp của đô thị, bố trí các công trình đường dây đường ống ngầm. Vì vậy mối liên hệ về mặt cao độ giữa khu xây dựng hai bên đường với đường là yếu tố rất quan trọng.

Khi xác định cao độ của đường cần đảm bảo yêu cầu thoát nước dễ dàng từ tiểu khu hai bên đường và yêu cầu đi lại dễ dàng khi ra vào các công trình. Tốt nhất nên quy hoạch thiết kế nền công trình hai bên từ chỉ giới đường đỏ trở vào cao hơn cao độ mặt hè đường và nền các công trình hai bên dốc ra phía đường. Tạo ra mép đường là nơi tụ thuỷ để dễ dàng tiêu thoát nước cho đường và lưu vực nền công trình hai bên cũng như thuận lợi cho tổ chức giao thông giữa đường và công trình hai bên.



Hình 5.3: Quan hệ giữa độ cao thiết kế và độ cao của công trình hai bên.

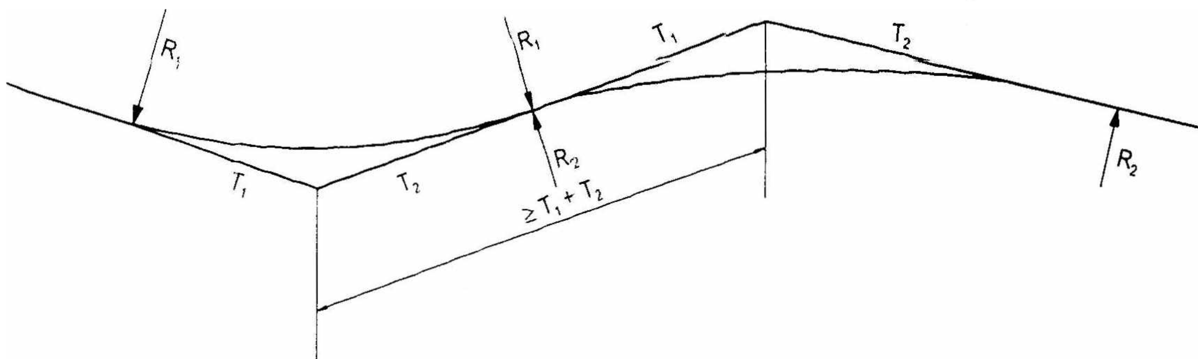
Thường mối quan hệ giữa cao độ mặt đường và nền công trình hai bên được xác định theo mối quan hệ giữa độ dốc ngang các bộ phận mặt cắt ngang đường, chiều cao bó vỉa, dải phân cách... Để thuận lợi cho việc thoát nước cho khu vực hai bên công trình phần mép đường tại đan rãnh là điểm thấp nhất.

Trong những trường hợp do điều kiện địa hình phức tạp, khi quy hoạch thiết kế đường đô thị và nền công trình hai bên để hạn chế đào đắp quá lớn, người ta tổ chức nền thành các cấp cao độ khác nhau. Các cấp nền xây dựng công trình có cao độ cao hoặc

thấp hơn nền đường, để đảm bảo tiêu thoát nước cho lưu vực hai bên cần có các giải pháp cụ thể trong việc phân chia lưu vực thoát nước và đấu nối hệ thống thoát nước cho đường và nền công trình hai bên. Trong các trường hợp này khi nghiên cứu các phương án quy hoạch chiều cao ở các bước quy hoạch chung, quy hoạch chi tiết cần nghiên cứu hợp lý các cao độ san nền khống chế làm cơ sở cho các bước thiết kế sau này. Trong giai đoạn trên ở các vùng đồi địa hình phức tạp khi quyết định chiều cao tim đường và nền công trình cho các lô quy hoạch hai bên cần có các bước đo đạc khảo sát thực địa kỹ lưỡng và cân nhắc quyết định cao độ đường và cao độ nền công trình hai bên tuyến đường sao cho đảm bảo thoả mãn các yếu tố cơ bản là kỹ thuật, mỹ thuật, hạn chế thấp nhất sự phá vỡ cân bằng tự nhiên khu vực và yếu tố kinh tế trong san đắp nền đường và nền công trình hai bên với khối lượng nhỏ nhất.

5.3.2. Chiều dài đoạn dốc

Để đảm bảo xe chạy êm thuận, cần hạn chế số lượng các điểm đổi dốc, như vậy mỗi đoạn dốc cần có chiều dài tương đối lớn. Đoạn dốc càng lớn, càng có điều kiện bố trí đường cong đứng có bán kính lớn, càng tạo điều kiện cho xe chạy êm thuận. Chiều dài tối thiểu đoạn dốc phải bố trí được hai đường cong đứng (hình 5.4)



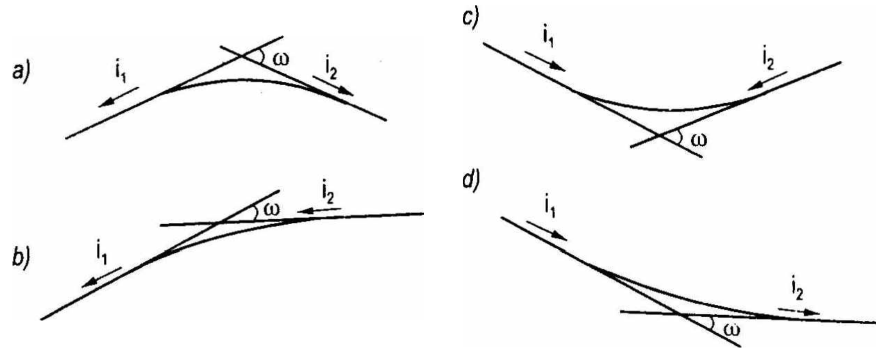
Hình 5.4: Chiều dài tối thiểu xác định theo sự bố trí hai đường cong đứng.

Với những đoạn đường có độ dốc lớn, nếu chiều dài đoạn dốc quá dài cũng không có lợi cho phương tiện giao thông, đặc biệt với giao thông thô sơ.

5.4. XÁC ĐỊNH BÁN KÍNH ĐƯỜNG CONG ĐỨNG

Trong khi thiết kế độ dốc dọc của tuyến đường phải căn cứ vào địa hình khu vực, điều kiện địa chất thuỷ văn và cốt khống chế của quy hoạch chiều cao, cho nên đường có rất nhiều độ dốc khác nhau, tại những điểm tiếp giáp của hai độ dốc dọc sẽ tạo nên điểm gãy khúc trên mặt cắt dọc (xem hình vẽ 5.5).

Do có điểm gãy lồi và điểm gãy lõm cho nên đối với đường cong đứng cũng có đường cong đứng lồi và đường cong đứng lõm.



Hình 5.5: Sơ đồ các điểm gãy khúc trên mặt cắt dọc
a và b) Điểm gãy lồi; c và d) Điểm gãy lõm.

5.4.1. Điều kiện thiết kế đường cong đứng

Điều kiện thiết kế đường cong đứng lồi là đảm bảo tầm nhìn ban ngày.

Điều kiện thiết kế đường cong đứng lõm là đảm bảo tầm nhìn ban đêm và hạn chế lực ly tâm.

Gọi d_1 là chiều cao của mắt người lái xe trên mặt đường, d_2 chiều cao của chướng ngại vật phải nhìn thấy, S là tầm nhìn một chiều hoặc hai chiều, R là bán kính đường cong đứng cần bố trí.

Theo hình vẽ (5.6): $S = L_1 + L_2$

với L_1 và L_2 được tính theo hệ thức lượng vòng tròn:

$$L_1^2 = 2.R.d_1 \qquad L_1 = \sqrt{2.R.d_1}$$

$$L_2^2 = 2.R.d_2 \qquad L_2 = \sqrt{2.R.d_2}$$

Chiều dài tầm nhìn trên đường tròn bán kính R là:

$$S = \sqrt{2R}.\left(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2}\right)$$

Suy ra công thức xác định R:

$$R = \frac{S^2}{2\left(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2}\right)^2} \quad \text{(m)} \qquad (5.3)$$

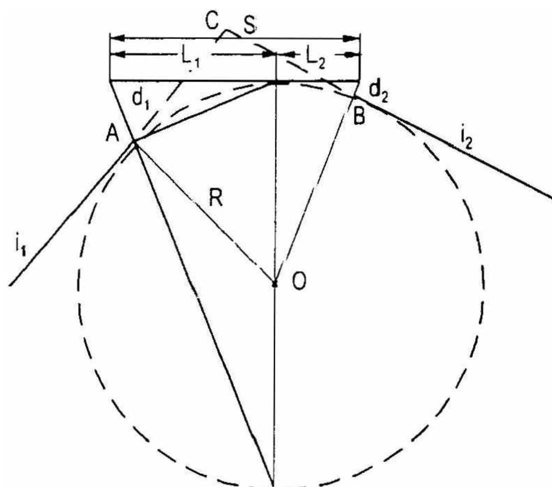
Với φ là hiệu đại số 2 độ dốc (rad):

$$\varphi = \frac{S}{R} \rightarrow \varphi = \frac{2\left(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2}\right)^2}{S} \qquad (5.4)$$

Trong công thức (5.4) nếu:

$$\varphi \leq \frac{2\left(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2}\right)^2}{S} \qquad (5.5)$$

thì không phải thiết kế đường cong đứng, có nghĩa là tại điểm A người lái xe có thể trông thấy chướng ngại vật tại điểm B. Tại điểm C chỉ cần gọt tròn.



Hình 5.6: *Sơ đồ tính toán trị số ω để xác định thiết kế đường cong đứng.*

Nếu: $$\varphi > \frac{2\left(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2}\right)^2}{S} \qquad (5.6)$$

thì phải thiết kế đường cong đứng vì tại điểm A người lái xe không thể trông thấy chướng ngại vật tại điểm B.

Trong thực tế tính toán thì điều kiện thiết kế đường cong đứng được tính theo công thức:

$$\omega = i_1 - i_2 \text{ (‰)} \text{ (do } \omega \text{ nhỏ nên } \omega = \varphi \text{ về trị số)}$$

Ở đây: $i_1$và i_2 là hai độ dốc liền kề nhau, ω được tính theo hiệu đại số. Theo quy định độ dốc dọc đi lên mang dấu (+), độ dốc dọc đi xuống mang dấu (–). Trị số ω được lấy theo bảng 5.2 quy định dưới đây.

Bảng 5.2. Hiệu đại số 2 độ dốc ω cần thiết kế đường cong đứng & bán kính đường cong đứng tối thiểu (20TCN - 104 - 83)

Cấp đường	ω ‰	Bán kính đường cong đứng R_{min} (m)	
		R lồi	R lõm
Đường cao tốc	≥ 5	10.000	2.000
Đường phố chính cấp I +II	≥ 7	6.000	1.500
Đường khu vực	≥ 10	4.000	1.000
Đường vận tải	≥ 7	6.000	1.500
Đường nội bộ	≥ 15	2.000	500

Trong khi thiết kế đường cong đứng quy định: Nếu trị số ω lớn hơn hoặc bằng trị số quy định trong bảng thì phải thiết kế đường cong đứng và đường cong đứng có bán kính nhỏ nhất cũng theo bảng trên.

5.4.2. Cách tính toán đường cong đứng

5.4.2.1. Tính bán kính đường cong đứng lồi

Từ công thức (5.3): $$R = \frac{S^2}{2\left(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2}\right)^2} \quad (m)$$

Tiêu chuẩn 20TCN-104-83 lấy $d_1 = 1{,}2m$; $d_2 = 0{,}1m$ do đó có thể viết công thức trên:

- Đối với tầm nhìn một chiều S_1:

$$R = \frac{S_1^2}{2d_1} \ (m) \qquad (5.7)$$

- Đối với tầm nhìn hai chiều S_2:

$$R = \frac{S_2^2}{8d_1} \ (m) \qquad (5.8)$$

S_1 và S_2 là tầm nhìn một chiều và hai chiều.

d_1- chiều cao tính từ mặt đường tới tầm mắt người lái xe (m): $d_1 = 1{,}2m$.

5.4.2.2. Tính toán đường cong đứng lõm

Thiết kế đường cong đứng lõm là để giải quyết xe chạy êm thuận chứ không phải giải quyết tầm nhìn cho xe. Khi xe chạy trên đường cong lõm lực ly tâm cùng chiều với trọng lực gây khó chịu cho người trên xe và làm tăng trọng lượng tác dụng lên bộ phận giảm xóc của ô tô. Như vậy phải hạn chế gia tốc ly tâm, theo tiêu chuẩn 20TCN-104-83, gia tốc ly tâm lấy $a \leq 0{,}5 \div 0{,}7$ m/s^2. Viết biểu thức gia tốc ly tâm theo bán kính ta có công thức:

$$\frac{v^2}{R} = a \text{ , do đó } R = v^2/a \qquad (5.9)$$

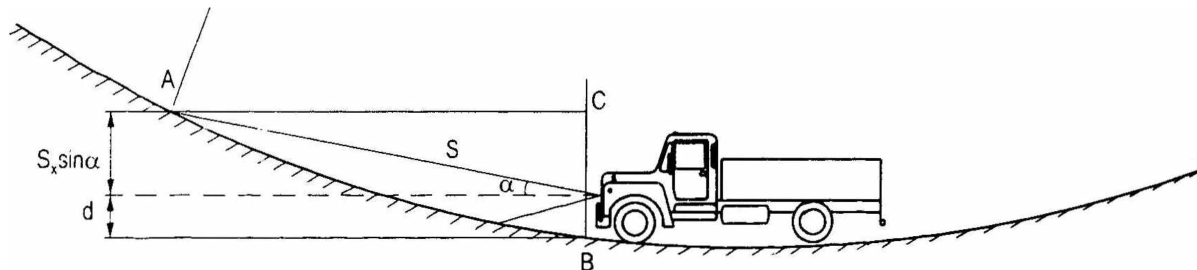
Nếu thứ nguyên của tốc độ là km/h, công thức tính là:

$$R = \frac{V^2}{13a} \ (m) \qquad (5.10)$$

Với $a = 0{,}5$ m/s^2 ta có công thức tính bán kính tối thiểu của đường cong lõm:

$$R = \frac{V^2}{6,5} (m) \quad (5.11)$$

Những đường không có chiếu sáng, để đảm bảo tầm nhìn về ban đêm, đường cong đứng lõm phải thiết kế sao cho đèn pha ô tô quét luồng sáng hết phạm vi tầm nhìn.



***Hình 5.7:** Đảm bảo tầm nhìn ban đêm ở đường cong đứng lõm*

Vì vậy, sau khi xác định R của đường cong đứng lõm theo gia tốc của lực ly tâm, cần phải kiểm tra lại tầm nhìn ban đêm theo ánh sáng đèn pha. Từ hình (5.7), ta thấy chiếu sáng của ôtô chỉ giới hạn trong phạm vi theo chiều đứng:

$$d + S.\sin\alpha = CB$$

Trong đó:

d - độ cao từ tâm đèn pha tới mặt đường (d = 0,75m);

S - tầm nhìn tính toán (một chiều);

α - góc mở tia sáng của đèn pha ($\alpha = 1^0$).

Theo quan hệ hình học trong tam giác vuông, được :

$$AC^2 = 2R.CB \text{ hay } S^2 = 2R\ (d + S.\sin\alpha)$$

Do đó :

$$R = \frac{S^2}{2(d + S.\sin\alpha)} (m) \quad (5.12)$$

5.4.3. Các yếu tố khác của đường cong đứng

- Xác định chiều dài của đường cong đứng K:

$$K = \varphi.R\ (m) \quad (5.13)$$

φ thường nhỏ nên $\varphi = \omega = i_1 - i_2$.

- Xác định bán kính của đường cong đứng T:

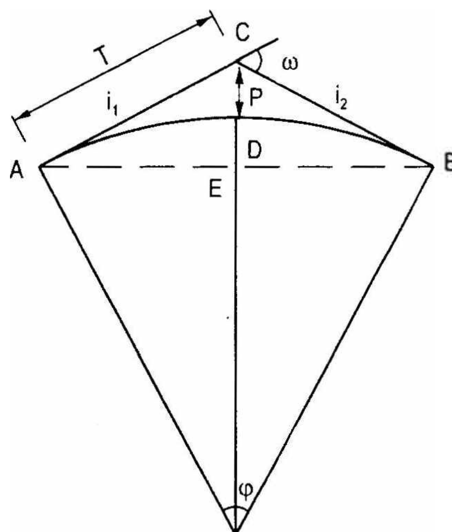
$$T = \frac{K}{2} = \frac{\varphi.R}{2}\ (m) \quad (5.14)$$

- Xác định phân cự của đường cong đứng P:

$$P = \frac{T^2}{2R} = \frac{K^2}{8R} \text{ (m)} \quad (5.15)$$

Theo kinh nghiệm thì khi tính toán trị số K phải không nhỏ hơn 20m. Nếu K nhỏ hơn 20m thì nên lấy R lớn hơn nữa. Đối với trường hợp nền đường đào thì trị số P > 5cm.

Nếu khi đã lấy R lớn hơn rồi mà tính ra P vẫn nhỏ hơn 5 cm, thì không cần thiết kế đường cong đứng mà chỉ cần gọt tròn để đảm bảo cho xe chạy êm thuận là được.



Hình 5.8: *Sơ đồ xác định các yếu tố của đường cong đứng*

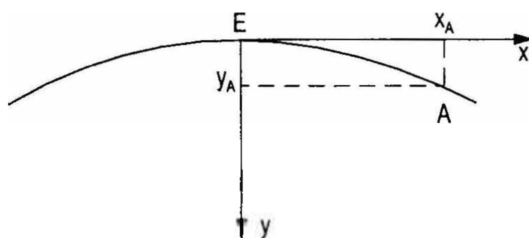
Cắm đường cong đứng:

Phương trình đường tròn có dạng: $x^2 = y(2R - y)$. Do y tương đối nhỏ nên thay phương trình trên bằng:

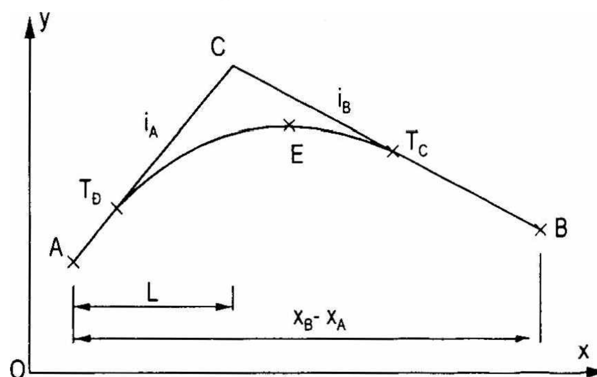
$$y = \frac{x^2}{2R} \quad (5.16)$$

Vấn đề đặt ra là phải xác định được điểm cao nhất đối với đường cong đứng lồi (hoặc thấp nhất đối với đường cong đứng lõm) để áp dụng phương trình trên.

Thường gặp bài toán như sau: có 2 điểm A và B đã biết toạ độ (x, y) và độ dốc i_A, i_B; bán kính đường cong đứng R.



Hình 5.9: *Trục tọa độ xEy*



Hình 5.10: *Sơ đồ cắm đường cong đứng*

Bước 1: Xác định điểm đổi dốc C

$$y_C = y_A + L.i_A$$

$$y_B = y_C + (x_B - x_A - L).i_B$$

$$= y_A + L.i_A + (x_B - x_A - L).i_B$$

$$L = \frac{y_B - y_A - (x_B - x_A).i_B}{i_A - i_B} \quad (5.17)$$

$$x_C = x_A + L \quad (5.18)$$

$$y_C = y_A + L.i_A \quad (5.19)$$

Bước 2: Xác định TĐ và TC của đường cong đứng:

Góc chuyển hướng nhỏ nên $T = R(i_A - i_B)/2$

Tọa độ TĐ: $$x_{TĐ} = x_C - T \quad (5.20)$$

$$y_{TĐ} = y_C - i_A.T \quad (5.21)$$

Tọa độ TC: $$x_{TC} = x_C + T \quad (5.22)$$

$$y_{TC} = y_C + i_B.T \quad (5.23)$$

Bước 3: Xác định điểm gốc của đường cong đứng E, tại đó độ dốc $i_E = 0$

$$x_E - x_{TĐ} = i_A.R$$

$$y_E - y_{TĐ} = \frac{(x_E - x_{TĐ})^2}{2R} = \frac{(i_A.R)^2}{2R} = R.\frac{i_A^2}{2}$$

Tọa độ E: $$x_E = x_{TĐ} + i_A.R \quad (5.24)$$

$$y_E = y_{TĐ} + R.\frac{i_A^2}{2} \quad (5.25)$$

Có thể kiểm tra lại tọa độ E:

$$x_E = x_{TC} - i_B.R \quad (5.26)$$

$$y_E = y_{TC} - R.\frac{i_B^2}{2} \quad (5.27)$$

Chú ý: Các công thức trên viết dưới dạng đại số, lên dốc: $i > 0$, xuống dốc: $i < 0$.

Có thể xây dựng một công thức khác để tìm ra tọa độ điểm E dựa vào tọa độ điểm chuyển hướng C mà không cần tìm tọa độ TĐ và TC:

$$x_E - x_C = i_A.R - T = i_A.R - \frac{R}{2}(i_A - i_B) = \frac{R}{2}(i_A + i_B)$$

$$\rightarrow x_E = x_C + \frac{R}{2}(i_A + i_B) \quad (5.28)$$

$$y_C - y_E = T.i_A - R\frac{i_A^2}{2} = \frac{R}{2}(i_A + i_B).i_A - R\frac{i_A^2}{2} = \frac{R}{2}.i_A.i_B$$

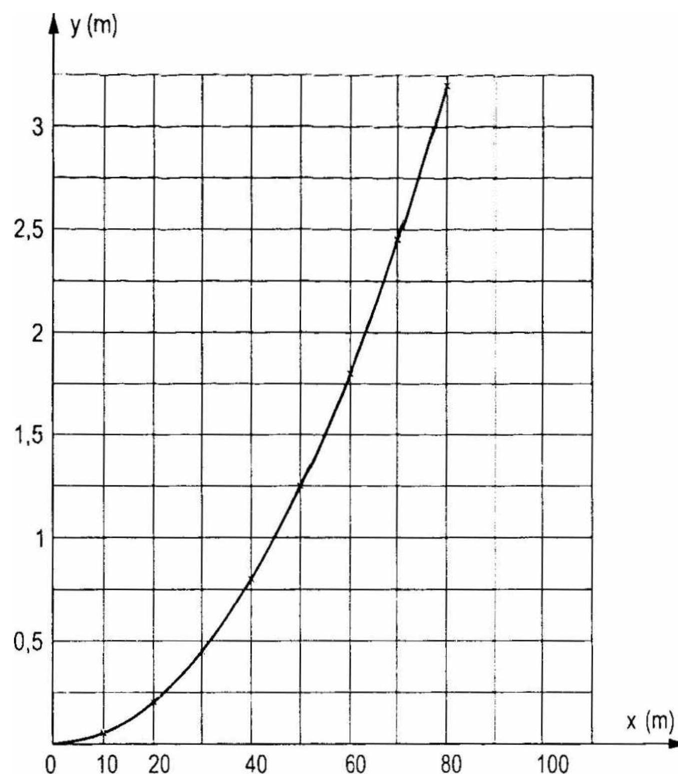
$$\rightarrow y_E = y_C - \frac{R}{2}.i_A.i_B \qquad (5.29)$$

Biết tọa độ điểm gốc E, có thể áp dụng (5.16): $y = \frac{x^2}{2R}$; cho x các giá trị tuỳ ý, tìm y tương ứng sẽ cắm được các điểm trên đường cong đứng.

Công thức này dùng để tính cốt thiết kế của các cọc trên đường cong đứng hoặc tính cốt các đường đồng mức chẵn khi thiết kế san nền trên tuyến đường.

Để tiện cho thiết kế, từ công thức (5.16) người ta lập sẵn đồ thị với R_0 = 1000m, cho x các giá trị, tìm được y tương ứng. Nếu bán kính cong R ≠ 1000, chia giá trị y với hệ số R/1000.

x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
10	0,05	50	1,25
20	0,20	60	1,80
30	0,45	70	2,45
40	0,80	80	3,20



Hình 5.11: Đồ thị xác định vị trí x và y trên đường cong đứng theo R = 1000m

Ngoài phương pháp cắm đường cong dựa vào điểm gốc như trên, giáo trình giới thiệu thêm phương pháp cắm trực tiếp của nhà giáo Đỗ Bá Chương. Phương pháp này có thể dùng để cắm trực tiếp các điểm trên đường cong đứng dựa vào tọa độ của điểm TĐ hay TC.

Biết cao độ của điểm tiếp đầu $y_{TĐ}$ có thể tính được cao độ của điểm D cách TĐ một cự ly L:

$$y_D = y_{TĐ} + i_1 L - \frac{L^2}{2R} \tag{5.30}$$

Với các quy ước:

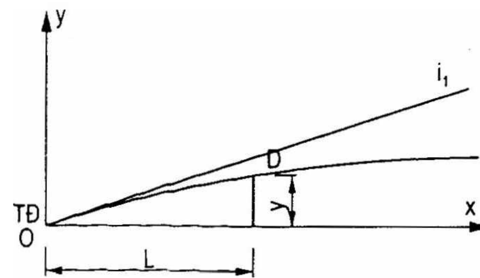
R lồi mang dấu (+); R lõm mang dấu (–);

i lên dốc mang dấu (+); i xuống dốc mang dấu (–).

Miền có giá trị của công thức này:

$L \in [0; (i_1 - i_2)]$ khi 2 dốc cùng dấu;

$L \in [0; iR]$ khi 2 dốc cùng dấu.



Hình 5.12: Sơ đồ tính cao độ các điểm trên đường cong đứng từ tọa độ TĐ

Khi hiệu đại số hai độ dốc của đường thiết kế bằng và lớn hơn trị số ghi trong bảng 5.2 cho từng loại đường thì phải thiết kế đường cong đứng. Khi chọn bán kính đường cong đứng, về nguyên tắc, chọn trị số tương đối lớn. Trong trường hợp đặc biệt khó khăn mới dùng trị số tối thiểu. Để đảm bảo xe chạy an toàn, êm thuận, chiều dài đường cong đứng không được quá ngắn. Theo kinh nghiệm nước ngoài, chiều dài đường cong đứng tối thiểu (K_{min}) như bảng 5.3 sau đây.

Bảng 5.3. Chiều dài tối thiểu của đường cong đứng

Tốc độ tính toán V (km/h)	120	100	80	60
K_{min} (m)	110	90	70	50

5.5. KHOẢNG CÁCH GIẾNG THU NƯỚC MƯA VÀ THIẾT KẾ RÃNH BIÊN

5.5.1. Thiết kế khoảng cách giữa 2 giếng thu nước

Khoảng cách giữa 2 giếng thu nước thường lấy theo độ dốc của rãnh thoát nước biên (rãnh biên) trị số của nó lấy theo bảng 5.4.

Bảng 5.4. Khoảng cách các giếng thu nước

Độ dốc dọc rãnh biên ‰	< 4	4 ÷ 6	6 ÷ 10	10 ÷ 30	> 30
Khoảng cách giữa hai giếng thu (m)	50	60	70	80	60

Trong bảng 5.4 ta thấy: khi độ dốc rãnh biên tăng từ i_r = 0,004 tới i_r = 0,003 khoảng cách bố trí các giếng thu nước mưa tăng từ l = 50 m tới l = 80 m, nhưng khi độ dốc rãnh biên tăng hơn i_r = 0,003 thì giếng thu lại được bố trí gần lại l = 60m. Sở dĩ có sự bố trí như vậy vì khi độ dốc rãnh biên nhỏ, nước mưa chảy về giếng chậm hơn nên cần bố trí giếng thu gần hơn. Khi độ dốc vượt quá 0,003 nước mưa có thể tràn qua cửa thu của giếng do tốc độ chảy quá lớn, nên cần phải bố trí giếng thu gần lại.

5.5.2. Độ dốc dọc của rãnh biên

Nói chung độ dốc dọc của rãnh biên lấy giống như độ dốc dọc của tim đường (nhưng cốt thiết kế thì thấp hơn) như vậy vừa dễ cho thiết kế và vừa dễ cho thi công. Cho nên khi thiết kế độ dốc dọc của tim đường, cố gắng đảm bảo cho độ dốc dọc có trị số nhỏ nhất (i_{min}) để rãnh biên có độ dốc tối thiểu thoát nước. Quy phạm quy định độ dốc dọc rãnh như sau: mặt đường cấp cao độ dốc rãnh i < 4‰. Mặt đường quá dốc i < 5‰.

Nếu do một vấn đề gì đó, không thể đảm bảo được độ dốc dọc nhỏ nhất (nghĩa là i < 0,004) thì phải bắt buộc thiết kế độ dốc dọc của rãnh biên hình răng cưa.

Thiết kế rãnh biên có độ dốc dọc hình răng cưa

Hình 5.13: *Sơ đồ bố trí giếng thu nước trên rãnh biên hình răng cưa*
a) Mặt bằng bố trí giếng; b) Độ dốc dọc đường $0 < i_d \leq 4‰$*;*
c) Độ dốc dọc đường $i_d = 0,0$

Đối với trường hợp b:

Vế trái có: $m = i_1.(L - x) + n - i(L - x)$

$$\rightarrow m - n = (L - x).(i_1 - i) \quad (5.31)$$

Vế phải có: $m = i_1 x + n + ix$

$$\rightarrow m - n = x.(i_1 + i) \quad (5.32)$$

Thay $x = \dfrac{m - n}{i_1 + i}$ từ (5.32) vào (5.31) được:

$$L = \frac{2i_1(m - n)}{i_1^2 - i^2}(m) \quad (5.33)$$

Nếu i = 0 nghĩa là độ dốc dọc lấy bằng không thì có:

$$L = \frac{2(m - n)}{i_1} \ (m) \quad (5.34)$$

Từ (5.31) và (5.32) $\rightarrow (L - x).(i_1 - i) = x.(i_1 + i)$

$$\rightarrow x = \frac{L(i_1 - i)}{2i_1} \quad (5.35)$$

Trong đó:

L- khoảng cách giữa hai giếng thu;

i_1- độ dốc dọc của rãnh biên răng cưa;

m - chiều cao bó vỉa chỗ đặt giếng thu (18 ÷ 20cm);

n - chiều cao bó vỉa chỗ điểm phân thuỷ chảy ra hai bên.

Do độ cao của bó vỉa thay đổi, để đảm bảo xe chạy trên đường êm thuận, ta chỉ điều chỉnh cao độ, độ dốc dọc, dốc ngang của đan rãnh để đảm bảo độ dốc nước, thu hết nước vào giếng thu. Trong các trường hợp cần thiết để tránh bề mặt của mặt đường thay đổi rõ rệt, thì hiệu số (m-n) nên nhỏ có thể tăng thêm số lượng các giếng thu nước. Trong các đô thị đồng bằng, hiện nay do điều kiện địa hình bằng phẳng, thường độ dốc dọc các tuyến đường thường rất nhỏ, dưới độ dốc tối thiểu. Việc thiết kế thoát nước triệt để cho mặt đường là một yêu cầu quan trọng. Giải pháp thiết kế hiện tại được áp dụng có hiệu quả đó là thay đổi độ dốc ngang của tấm bê tông đan rãnh để tạo độ dốc dọc rãnh biên và tính toán hợp lý khoảng cách giữa các giếng thu nước trực tiếp theo đan rãnh đường để thu hết lưu lượng nước từ bề mặt đường, trên cơ sở diện tích bề mặt và cường độ mưa, tần suất tính toán theo quy phạm thoát nước mưa đô thị Việt Nam.

5.6. TRÌNH TỰ THIẾT KẾ VÀ MỘT SỐ ĐIỂM CHÚ Ý KHI THIẾT KẾ TUYẾN ĐƯỜNG

5.6.1. Trình tự thiết kế mặt cắt dọc tuyến

Sau khi đã chọn tuyến xong và sau khi thiết kế các đường cong nằm, có nghĩa là đã xác định được tim đường từ đó ta có cơ sở để thiết kế mặt cắt dọc tuyến đường.

Ở giai đoạn này, muốn thiết được mặt cắt dọc tuyến cần thiết phải có bản đồ mặt cắt dọc độ cao thiên nhiên của tuyến. Ở bản đồ này việc khảo sát, đo đạc căn cứ vào bản vẽ tim đường mà đo cao độ thiên nhiên của các cọc.

Điều chú ý nữa là khi thiết kế mặt cắt dọc tuyến, phải biết được vị trí và khẩu độ của cống. Có số liệu này mới xác định được cao độ mặt đường ở những nơi đó và mới thiết kế độ dốc được chính xác.

Mặt cắt dọc tuyến được thiết kế theo tỷ lệ:

- Chiều dài: 1/2000; 1/1000; 1/500.

- Chiều cao: 1/200; 1/100; 1/50 (thường tỷ lệ chiều cao bằng 10 lần tỷ lệ chiều ngang).

Trình tự tiến hành như sau:

- Xác định các cọc. Những cọc này đóng theo tim đường từ điểm đầu đến điểm cuối, với thiết kế sơ bộ khoảng cách cọc lấy 50m, với thiết kế kỹ thuật là 20m hay 25m. Ngoài ra bố trí thêm các cọc phụ vào những điểm giữa 2 cọc như: có địa hình thay đổi, vị trí cống thoát nước ngang, vị trí các ngả giao nhau. Tại các cọc chính và phụ này trên tuyến đường đều phải đo cao độ thiên nhiên và vẽ mặt cắt ngang của nó.

- Đo đạc hoặc xác định cao độ thiên nhiên của các cọc. Theo đúng tỷ lệ dài và cao, vẽ độ dốc dọc thiên nhiên.

- Thiết kế mặt cắt dọc, khi thiết kế cần chú ý đến các cốt khống chế trên tuyến như sau: cốt lũ, cốt ở các ngả giao nhau, cốt ở nơi thiết kế cầu cống.

- Tính chiều dài và độ dốc mỗi đoạn.

- Thiết kế đường cong đứng trên mặt cắt dọc.

- Tính toán cốt thiết kế ở mỗi cọc và tính toán chiều cao đào đắp đặt ở các cọc ấy (nếu là đất đào thì tỷ số của nó viết dưới độ dốc thiết kế, nếu là đất đắp thì viết lên trên độ dốc thiết kế).

5.6.2. Một số điểm chú ý khi thiết kế tuyến đường

Đường thành phố là một công trình kiến trúc hoàn chỉnh vì thế phải kết hợp nhiều mặt, giữa mặt bằng và mặt đứng, giữa đường với cây xanh và các công trình xây dựng

dọc phố. Cho nên ngoài những yếu tố và chỉ tiêu kỹ thuật ra, còn phải kết hợp chặt chẽ với các công trình khác có liên quan đến đường phố, nhằm đạt được một quần thể kiến trúc hài hoà, đẹp, tôn thêm hình dạng kiến trúc của đường phố. Vì vậy khi thiết kế tuyến đường cần giải quyết tốt mấy vấn đề dưới đây.

5.6.2.1. Cao độ khống chế của đường phố

Việc quyết định cốt khống chế của tuyến đường là một công tác quan trọng trong quy hoạch chiều cao (quy hoạch san nền tiêu thuỷ) của thành phố. Cốt khống chế của đường phố gồm hai loại: cốt khống chế thấp nhất (còn gọi là cốt xây dựng thấp nhất) và cốt khống chế ở một số vị trí quan trọng trên đường như cốt ở các ngả giao nhau, cốt trên cầu hoặc cống qua đường. Nói chung khi xác định cốt khống chế trên đường phố phải kết hợp chặt chẽ giữa địa hình khu vực tuyến; hệ thống và biện pháp thoát nước mưa khối lượng đào đắp khu phố, trên cơ sở tính toán thuỷ văn và quy hoạch chung về san nền, tiêu thuỷ đô thị.

Cốt khống chế thấp nhất đảm bảo tuyến đường không bị ngập nước khi có lũ trong các mùa mưa; cốt khống chế ở các điểm quan trọng là đảm bảo việc xây dựng các công trình khác có liên quan với đường phố.

Sau khi đã quyết định được cốt khống chế của tuyến đường thì việc xác định độ dốc dọc chủ đạo của tuyến đường không có gì khó khăn cả.

5.6.2.2. Nối tuyến đường giao nhau với đường sắt

Tốt nhất là đường phố không nên giao cùng mức với đường sắt. Thông thường phải thiết kế giao nhau khác mức, nếu thiết kế giao nhau cùng mức sẽ ảnh hưởng đến khả năng thông xe của ôtô trên đường và công tác quản lý giao thông phức tạp hơn. Nhưng ở nước ta trong điều kiện kinh tế hiện nay ít có điều kiện lý tưởng như trên, cho nên khi đường phố giao nhau cùng cốt với đường sắt cần chú ý.

Đoạn giao nhau là đường thẳng và góc giao nhau thẳng góc. Trong đoạn đường này độ dốc dọc tốt nhất bằng không, hoặc độ dốc dọc $i < 5‰$.

Cốt khống chế của đường phố là cốt thiết kế của đỉnh đường ray của đường sắt.

5.6.2.3. Sự trùng nhau giữa đường cong nằm và đường cong đứng

Theo tiêu chuẩn Thiết kế đường ô tô 4054-98 có quy định sự phối hợp giữa các yếu tố mặt cắt dọc và bình đồ như sau:

- Về vị trí, đường cong đứng nên trùng với đường cong nằm. Hai đỉnh đường cong không nên lệch nhau quá 1/4 chiều dài đường cong ngắn hơn;

- Chiều dài đường cong nằm nên lớn hơn chiều dài đường cong đứng từ 50 đến 100m;

- Không đặt đường cong nằm có bán kính nhỏ sau đỉnh của đường cong đứng lồi;
- Bán kính đường cong đứng lõm không nhỏ hơn 1/6 bán kính đường cong nằm.

5.6.2.4. Xử lý vị trí tuyến đường trên đoạn sườn dốc

Khi chọn vị trí tuyến đường mà bắt buộc phải nằm trên sườn đồi có độ dốc tự nhiên lớn, cần đặc biệt chú ý đến vấn đề thiết kế mặt cắt ngang đường, bởi vì thiết kế mặt cắt ngang khác nhau có thể dẫn đến khối lượng đào đắp thay đổi rất lớn. Mặt cắt ngang đường có thể giải quyết theo hai cách sau đây:

- Chọn vị trí tim đường phù hợp nhất: Vị trí tim đường đặt ở nơi mà sau khi thiết kế mặt cắt ngang nào có khối lượng đào đất và đắp đất cân bằng hoặc chênh lệch không đáng kể. Có thể dùng hình 5.14 để thể hiện chọn vị trí tim đường:

Đường aa' là kinh phí đào đất

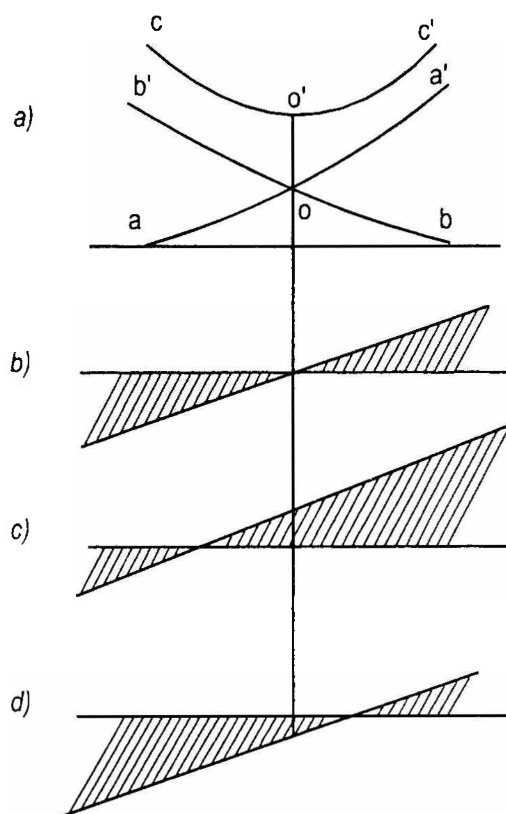
Đường bb' kinh phí đất đắp

Đường cc' là tổng kinh phí đào đắp đất

Đường aa' và đường bb' gặp nhau tại điểm O

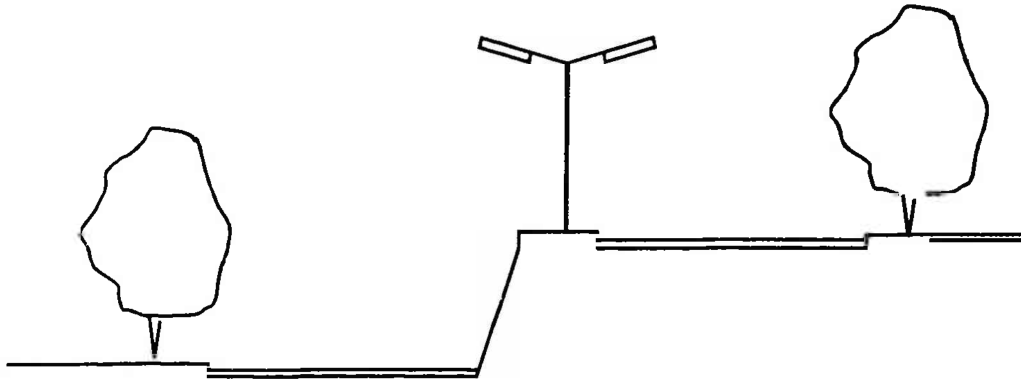
Trên cc' có điểm O' là thấp nhất

Chọn vị trí tim đường OO' kéo dài là tốt nhất.



Hình 5.14: *Dùng đồ thị để xác định vị trí tim đường đường*
a) Sơ đồ tổng kinh phí đào đất trên mặt cắt ngang;
b) Vị trí tim đường hợp lý nhất;
c) và d) Vị trí tim đường không tốt.

• Thiết kế mặt cắt ngang đường phố không cùng cao độ:



Hình 5.15: Sơ đồ bố trí mặt cắt ngang đường không cùng cao độ

5.6.3. Thể hiện bản vẽ mặt cắt dọc đường đô thị

Tuỳ theo giai đoạn thiết kế, nội dung thiết kế cụ thể có khác nhau.

Trong giai đoạn lập báo cáo nghiên cứu khả thi, mặt cắt dọc được vẽ tỉ lệ 1:1000 - 1:2000 với hoành độ; tỉ lệ 1:100 - 1:200 đối với tung độ. Trên bản vẽ cần ghi rõ các hạng mục sau :

- Đường đen và cao độ của nó;

- Đường đỏ và cao độ của nó (đường đỏ thể hiện nét đậm nhất);

- Độ cao thi công;

- Các cọc chi tiết, cọc km và khoảng cách các cọc; khoảng cách cộng dồn;

- Độ dốc dọc và chiều dài đoạn dốc;

- Vị trí cầu, cống dự kiến và khẩu độ của nó, lý trình;

- Đối với đường cải tạo, cần điều tra chất lượng kết cấu và cấu tạo của nó.

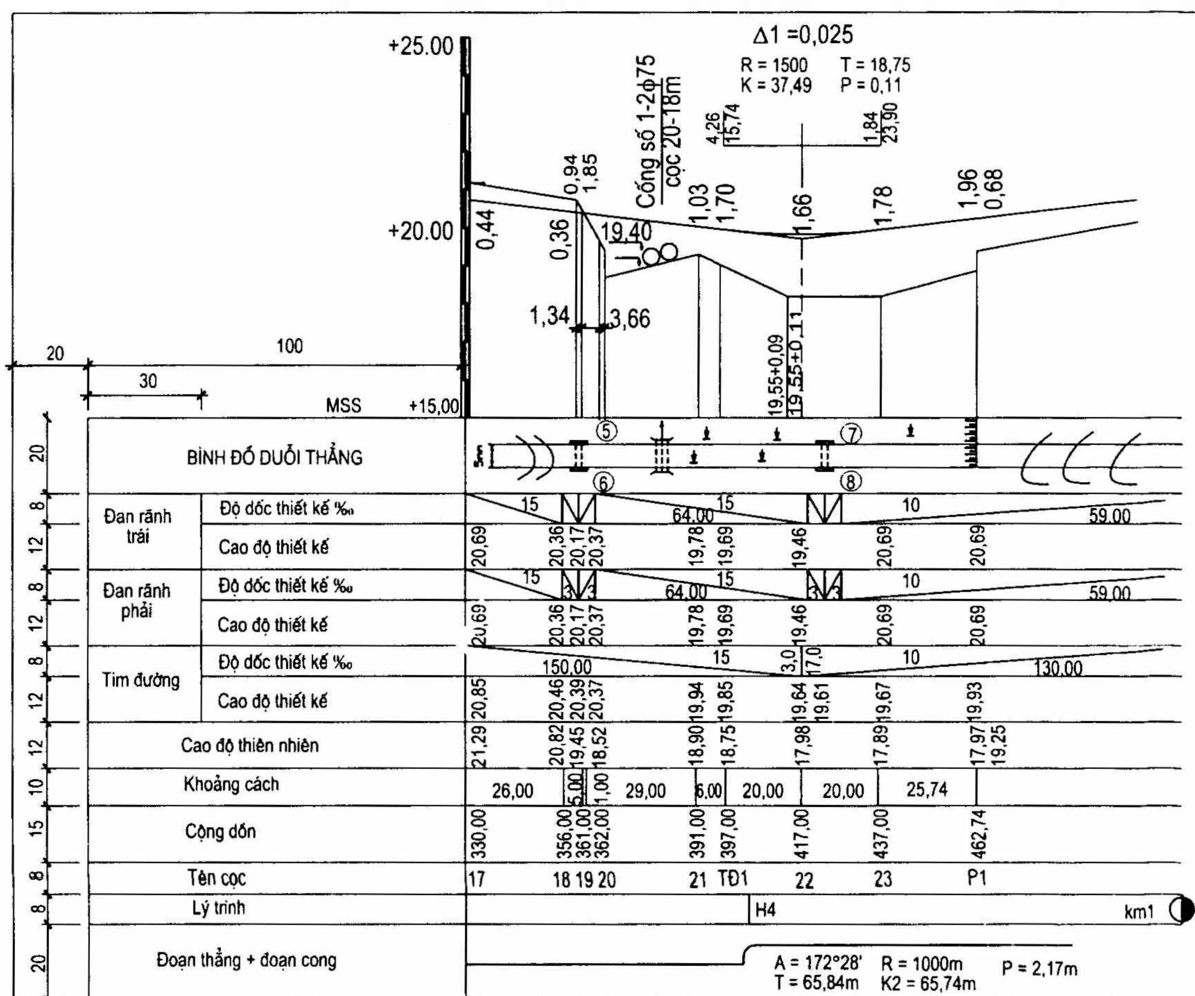
Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật, bản vẽ thi công; mặt cắt dọc đường được vẽ theo tỉ lệ 1:500 - 1:1000 theo hoành độ; tỉ lệ 1:50 - 1:100 đối với tung độ. Ngoài ra các hạng mục như trong giai đoạn trên ra, còn phải có các hạng mục chi tiết cụ thể sau:

- Đường cong đứng và các yếu tố của nó;

- Mặt cắt địa chất (theo tỉ lệ tung độ thường là 1:100 hoặc 1:50);

- Sơ đồ bình đồ duỗi thẳng, đường thẳng, đường cong và các yếu tố đường cong cơ bản trên bình đồ;

- Độ cao, độ dốc thiết kế của đan rãnh phải, đan rãnh trái.



Hình 5.16: Bảng các chỉ tiêu cắt dọc đường đô thị

Chương 6

THIẾT KẾ NỀN ĐƯỜNG VÀ KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG

6.1. THIẾT KẾ NỀN ĐƯỜNG

6.1.1. Tác dụng của nền đường và những yêu cầu chung của nền đường

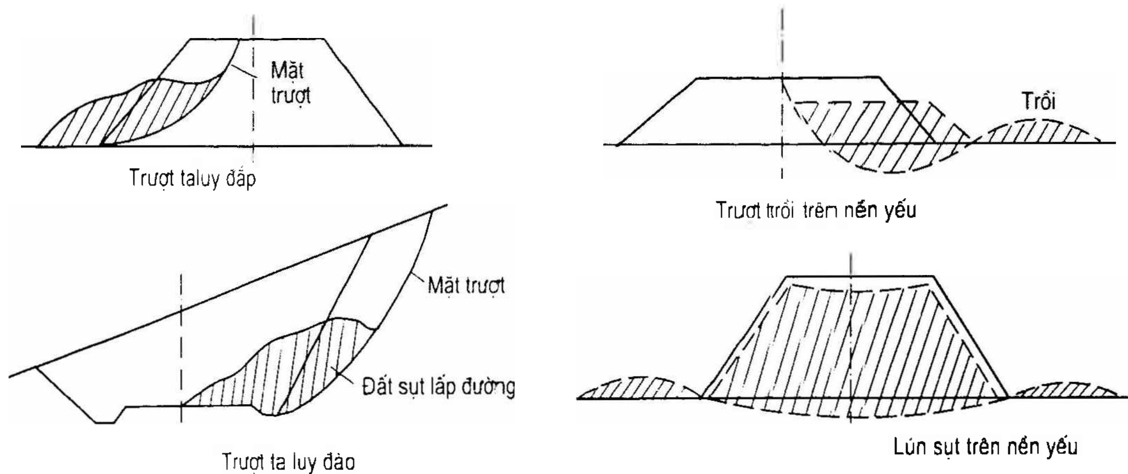
Nền đường là công trình bằng đất có tác dụng:

- Khắc phục địa hình thiên nhiên tạo nên một dải đất đủ rộng dọc theo tuyến đường có các tiêu chuẩn về kỹ thuật như mặt bằng, mặt cắt dọc, mặt cắt ngang đáp ứng yêu cầu xe chạy an toàn, êm thuận, kinh tế. Trong đó tuyến đường đảm bảo cho xe chạy, người đi bộ, dải cây xanh, và bố trí các công trình ngầm và thiết bị trên đường.

- Nền đường là cơ sở cho kết cấu áo đường, lớp đất phía trên của nền đường tham gia cùng mặt đường chịu tải trọng xe chạy. Nền đường có ảnh hưởng đến kết cấu áo đường, cường độ mặt đường và tình trạng khai thác đường.

Để đảm bảo phát huy được tác dụng của nền đường. Khi thiết kế và xây dựng nền đường cần đạt các yêu cầu sau :

1) Nền đường phải luôn luôn ổn định toàn khối nghĩa là hình dạng và kích thước hình học của nó trong mọi điều kiện không bị biến dạng hoặc bị phá hoại gây bất lợi cho việc đi lại. Các hiện tượng mất ổn định toàn khối, nền đường thường xảy ra chủ yếu là: trượt lở ta luy, lún sụt nền đất đắp trên nền đất yếu, trượt phần đất đắp trên sườn dốc... (hình 6.1).



Hình 6.1: Các dạng mất ổn định của nền đường

2) Nền đường phải đảm bảo đủ cường độ nhất định, trên là đủ độ bền khi chịu cắt trượt và không bị biến dạng quá nhiều (hoặc không bị tích lũy biến dạng) dưới tác dụng của áp lực bánh xe chạy qua, nếu không đảm bảo điều kiện này thì kết cấu áo đường bị phá hoại.

3) Nền đường phải ổn định cường độ, có nghĩa là nền đường không được thay đổi theo thời gian, khí hậu, thời tiết bất lợi. Ở trạng thái độ ẩm và độ chặt của đất bị thay đổi do thời tiết mùa mưa thì cường độ nền đường bị giảm đi nhanh chóng.

Nguyên nhân sự phá hoại nền đường do không đạt ba yêu cầu trên là :

- Sự phá hoại của thiên nhiên như mưa, hiện tượng tích nước trong nền đường làm giảm cường độ của đất gây ra sự xói lở đất gây mất ổn định toàn khối, ảnh hưởng tới sự ổn định cường độ.

- Điều kiện địa chất và thuỷ văn nơi xây dựng nền đường không tốt, cấu tạo địa tầng, mức độ phong hoá của đất, mực nước ngầm làm giảm cường độ đất.

- Tác dụng của tải trọng xe chạy gây chấn động nền đất.

- Tác dụng của tải trọng bản thân nền đường như trong trường hợp mất ổn định mái dốc hoặc nền đường đắp trên nền đất yếu có tải trọng vượt quá sức chịu tải của đất phía dưới.

- Thi công không đảm bảo chất lượng, không theo quy trình, quy phạm (dùng đất chất lượng thấp, lu lèn không đủ) làm nền đất bị ngấm nước, cường độ và độ ổn định của nền đường bị ảnh hưởng.

Trong tất cả nguyên nhân trên thì sự phá hoại nền đường do nước là chủ yếu (gồm nước mặt, nước ngầm...). Như vậy để đảm bảo công trình nền đường ổn định cường độ, ổn định toàn khối và thiết kế tăng cường độ cho nền đường thì người thiết kế phải nắm vững điều kiện địa hình, địa chất, thuỷ văn, khí hậu, khí tượng khu vực mình thiết kế. Mặt khác cần áp dụng các biện pháp kỹ thuật tổng hợp kết hợp với các giải pháp làm giảm tác dụng xấu của nước và các yếu tố thiên nhiên khác trong thiết kế nền đường.

Khi tính toán ổn định toàn khối của nền đường cần phải xác định đầy đủ và chính xác các đặc trưng cường độ và biến dạng của đất tương ứng với trạng thái tính toán về độ ẩm, độ chặt và tình trạng ứng suất mà mỗi vùng đất trong nền đường phải chịu sau này khi nền đường đưa vào sử dụng. Thông qua kết quả khảo sát, thử nghiệm và thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu trên.

6.1.2. Đất làm nền đường

1) Đất là vật liệu chủ yếu để xây dựng nền đường. Tính chất và trạng thái của đất (độ ẩm và độ chặt ảnh hưởng đến cường độ và độ ổn định của nền đường).

Kích cỡ hạt đất ảnh hưởng đến cường độ nền đường. Hạt càng lớn thì cường độ càng cao, tính mao dẫn thấp, tính thấm và thoát nước tốt, không bị nở khi gặp nước, song tính dính và tính dẻo kém. Các hạt càng nhỏ thì có tính chất ngược lại với tính chất trên.

2) Do các đặc tính trên nên trong xây dựng nền đường và xây dựng công trình thường dựa vào thành phần hạt để phân loại đất:

Bảng 6.1. Phân loại đất theo kích cỡ

Tên hạt	Kích cỡ hạt (mm)	Tên hạt	Kích cỡ hạt (mm)
Cuội	100 - 40	Cát: To	2 - 1
Sỏi: Rất to	40 - 20	Vừa	1 - 0,5
To	20 - 10	Nhỏ	0,5 - 0,25
Vừa	10 - 4	Rất nhỏ (mịn)	0,25 - 0,05
Bé	4 - 2	Bụi: To	0,05 - 0,01
		Nhỏ	0,01 - 0,005
		Sét	< 0,005

Bảng 6.2. Phân loại đất dính

Loại đất	Tỷ lệ hạt cát (2 - 0,05mm) có trong đất (% khối lượng)	Chỉ số dẻo	Khả năng sử dụng để xây dựng nền đường
Á cát nhẹ; hạt to	> 50	1 - 7	Rất thích hợp
Á cát nhẹ	> 50	1 - 7	Thích hợp
Á cát bụi	20 - 50	1 - 7	Ít thích hợp
Á cát bụi nặng	< 20	1 - 7	Không thích hợp
Á sét nhẹ	> 40	7 - 12	Thích hợp
Á sét nhẹ bụi	< 40	7 - 12	Ít thích hợp
Á sét nặng	> 40	12 - 17	Thích hợp
Á sét nặng bụi	< 40	12 - 17	Ít thích hợp
Sét nhẹ	> 40	17 - 27	Thích hợp
Sét bụi	Không quy định	17 - 27	Ít thích hợp
Sét béo	Không quy định	> 27	Không thích hợp

Bảng 6.3. Phân loại cát

Loại cát	Tỷ lệ hạt theo kích cỡ (% khối lượng)	Chỉ số dẻo	Khả năng sử dụng để xây dựng nền đường
Cát sỏi	Hạt > 2mm chiếm 25 - 50%	< 1	Rất thích hợp nhưng phải có lớp bọc mái taluy.
Cát to	Hạt > 0,5mm chiếm > 50%	< 1	Thích hợp nhưng phải có lớp bọc mái taluy
Cát vừa	Hạt > 0,25mm chiếm > 50%	< 1	nt -
Cát nhỏ	Hạt > 0,1mm chiếm > 75%	< 1	nt -
Cát bụi	Hạt > 0,05mm chiếm > 75%	< 1	Ít thích hợp

Phân loại đất giúp ta xử lý các loại đất xây dựng nền đường. Chất lượng nền đường phụ thuộc từng loại đất khác nhau, cụ thể như sau :

a) Đất cát: Nếu dùng đất cát làm nền đường thì nền đường có cường độ cao và độ ổn định nước tốt. Vì hệ số ma sát trong cát tương đối lớn, tính thấm và thoát nước tốt. Nhưng đất cát rời rạc, ít dính nên phải có lớp đất dính bọc xung quanh (lề và ta luy), để giữ cho nền đường không bị phá hoại bởi gió, mưa, xói lở... Vì vậy đất cát thường được dùng để đắp nền đường qua vùng đất yếu, trũng hoặc thay thế chỗ nền đất yếu cục bộ.

b) Đất sét: Vì hạt nhỏ, cường độ, và độ ổn định nước kém, dễ thay đổi thể tích do gặp nước, khi khô thì ở trạng thái cứng, khi ướt dễ bị nhão khó đầm nén chặt, nên chỉ dùng đất sét nơi nền đắp cao, thoát nước tốt và biện pháp thi công khi đầm nén có hiệu quả. Đất sét nén chặt dùng làm các lớp phòng nước hoặc đắp nền đường ở chỗ có cầu, cống.

c) Đất bụi (cỡ hạt 0,005 ÷ 0,05mm): tính dính kém, ổn định nước kém. Đây là loại đất gây bất lợi khi xây dựng nền đường.

d) Đất á cát: là loại đất xây dựng nền đường thích hợp nhất, tốt nhất. Đất á cát có một số hạt lớn nên đạt yêu cầu về cường độ và độ ổn định nước tốt. Ngoài ra còn một số hạt nhỏ nên không bị rời rạc do có chỉ số dẻo thích hợp. Một ưu điểm nữa là đất á cát do cấp phối hạt phù hợp nên khi đầm nén dễ đạt độ chặt.

e) Đất á sét: là loại đất có thể sử dụng trong xây dựng nền đường, chất lượng đứng sau á cát.

Ngoài ra còn có các loại đất hữu cơ là loại đất yếu không nên sử dụng làm nền đường do thành phần hữu cơ hút nước mạnh làm giảm khả năng làm chặt.

Cần nắm vững các tính chất của các loại đất để khi xây dựng nền đường ta có thể xử lý, cải thiện hoặc đề ra giải pháp kỹ thuật phù hợp với từng loại đất nhằm thỏa mãn yêu cầu đối với nền đường một cách tốt nhất.

6.1.3. Khu vực tác dụng của nền đường

Khu vực tác dụng của nền đường là phạm vi nền đường chịu tác dụng của tải trọng động (tải trong do các xe cộ đi lại truyền xuống). Tải trọng trong phạm vi này truyền theo chiều sâu tác dụng được xác định là chiều sâu Z_a.

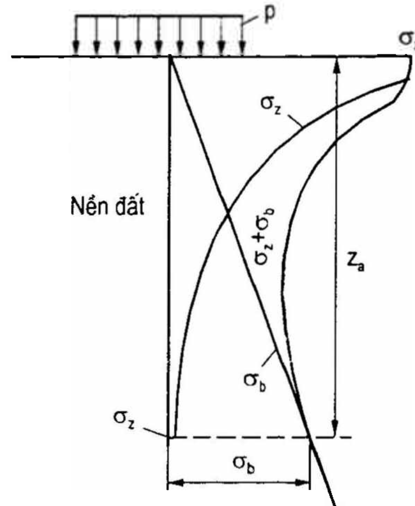
Ta biết rằng nền đường phải có cường độ nhất định và cường độ này đảm bảo ổn định trong thời gian và điều kiện bất lợi nhất dưới tác dụng của tải trọng.

Ứng suất gây biến dạng trong nền đất do tải trọng tác dụng gồm 2 loại (hình 6.2).

- Ứng suất do tải trọng bản thân nền đất (tải trọng tĩnh):

$$\sigma_b = \gamma \cdot Z_a \qquad (6.1)$$

Hình 6.2 : Sự phân bố ứng suất trên nền đường
σ_Z : Ứng suất theo chiều sâu Z do tải trọng xe P gây ra;
σ_b : Ứng suất do tải trọng bản thân nền đất gây ra;
$\sigma_Z + \sigma_b$: Ứng suất tổng cộng



Trong đó:

γ - trọng lượng đơn vị đất đắp (dung trọng) tính bằng kg/m^3;

Z_a - chiều sâu tính toán ứng suất.

- Ứng suất thẳng đứng do tải trọng động P của bánh xe gây ra sẽ phân bố xuống sâu và tắt dần. Theo Butxinét (Bousinesq) ta có :

$$\sigma_Z = k.\frac{P}{Z_a^2} \quad (6.2)$$

Trong đó :

k - hệ số tính toán lấy bằng 0,5;

P - áp suất bánh xe (kg/cm^2);

Z_a - chiều sâu tính toán ứng suất (m).

Nếu giả thiết khi $\sigma_Z = \frac{1}{n}\sigma_b$ (có thể bỏ qua tải trọng động) thì ta có thể xác định được chiều sâu Z_a của khu vực tác dụng theo quan hệ sau :

$$k.\frac{P}{Z_a^2} = \frac{1}{n}.\gamma.Z_a$$

Do đó:

$$Z_a = \sqrt[3]{\frac{k.n.P}{\gamma}} \quad (6.3)$$

Ta thường giả thiết : $\frac{1}{n} = \frac{1}{5} \div \frac{1}{10}$ và với các tải trọng bánh xe ô tô thông dụng sẽ tính được $Z_a = 0,9 \div 1,3$m (kể từ mặt đường xuống). Trị số Z_a tính có hơi lớn vì chưa kể đến

độ cứng của các tầng mặt đường. Nhờ độ cứng này nên ứng suất truyền xuống sẽ phân bố trên một diện tích rộng lớn và như vậy ứng suất truyền xuống sẽ nhỏ đi. Có nghĩa là ứng suất do tải trọng P gây ra ở chiều sâu Z_a là không đáng kể.

Ứng suất do tải trọng bản thân nền đường gây ra tương đối nhỏ, không kể khi nền đường đắp cao 6 ÷ 10m (thông thường nền đắp ở chiều cao ≤ 6) nên ứng suất này chỉ khoảng σ_b = 1kg/cm^2 (nền đắp đường thành phố có thể còn thấp hơn). Do đó nếu chỉ chịu tải trọng bản thân thì cường độ nền đất không cần yêu cầu cao.

Do đó khu vực tác dụng của nền đường cần có yêu cầu cao và ổn định cường độ để chịu tác dụng của tải trọng động xe chạy. Trong trường hợp nền đắp có chiều cao đắp thấp hơn trị số Z_a thì một phần nền đất thiên nhiên thuộc khu vực tác dụng cũng phải có biện pháp tăng cường và cải thiện chế độ thủy nhiệt cho thỏa đáng.

6.1.4. Cấu tạo nền đường

Cấu tạo nền đường bao gồm các vấn đề sử dụng đất làm nền đường và xử lý chúng khi cần thiết và đặc biệt là mặt cấu tạo kích thước hình học và các bộ phận nền đường phải đáp ứng về yêu cầu nêu trong mục 6.1.1.

Phần đất làm nền đường được trình bày ở trên còn về mặt cấu tạo các bộ phận nền đường trong trường hợp thông thường như sau :

1. Cấu tạo nền đường đắp thông thường

Đối với đường thành phố nếu hai bên không xây dựng công trình mà nếu đường là đắp ta có thể thiết kế mặt cắt ngang điển hình như sau :

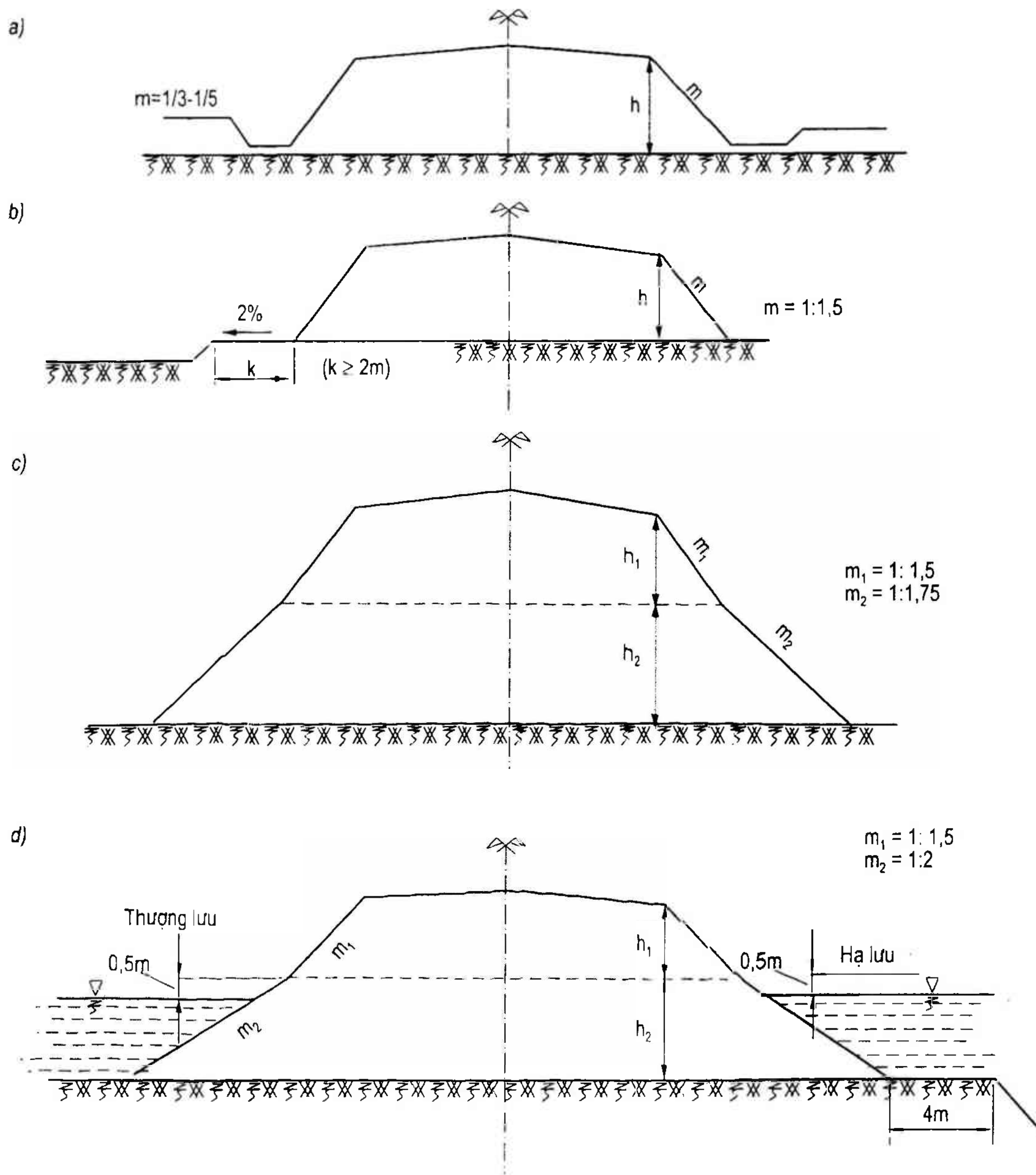
- Nền đường đắp thấp hơn 1m thì mái ta luy có độ dốc thoải (1 : 3 ÷ 1 : 5) để tiện cho thi công bằng máy và 2 bên có rãnh thoát nước. Nếu thi công thủ công thì dốc mái taluy là 1 : 1,5 (hình 6.3a) (hình 6.3b).

- Nền đường đắp cao 6 ÷ 12m (hình 6.3c) thì phần dưới dốc taluy phải cấu tạo thoải hơn (1 : 1,75) và phần trên từ (6 ÷ 8m) vẫn làm theo mái dốc ta luy 1 : 1,5 và có thể dùng mái dốc ta luy 1 : 1,35 hoặc 1 : 1,25 nhưng bề mặt ta luy cần đầm chắc và trồng cỏ gia cố.

- Nếu nền đắp bằng đá thì tuỳ theo cỡ đá và biện pháp thi công mà quyết định mái dốc ta luy có các trị số lấy trong bảng 6.4

Bảng 6.4. Độ dốc ta luy nền đường đắp bằng đá

Cỡ đá (cm)	Chiều cao nền đắp	Phương pháp thi công	Độ dốc taluy
< 25	6,0	Xếp đống	1 : 1,35
< 25	6,0 ÷ 20,0	- nt -	1 : 1,5
> 25	20,0	Dùng đá lớn xếp mặt ngoài	1 : 1,10
> 40	5,0	- nt -	1 : 1,75
> 40	5,0 ÷ 10,0	- nt -	1 : 1,0



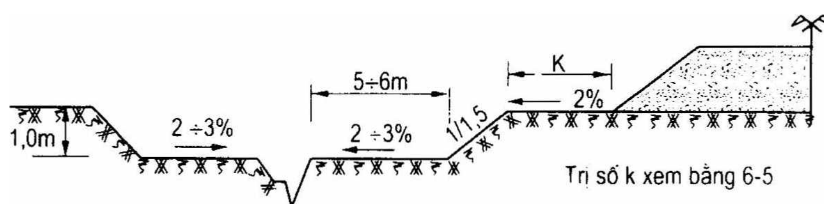
Hình 6.3: *Sơ đồ cấu tạo nền đường đắp*

a) Nền đắp cao $h \le 1m$; b) Nền đắp cao $h = 1 \div 6m$;

c) Nền đắp cao $h = 6 \div 12m$; d) Nền đắp ở nơi ngập nước $h_1 = 6 \div 8m$, $h_2 \le 12m$.

Tại nền đường ở nơi ngập nước ở dọc sông hoặc đầu cầu thì độ dốc ta luy phải thoải 1 : 2 cho đến mức nước thiết kế 0,5m và ít nhất là phải cao hơn mực nước thiết kế 0,5m. Đồng thời căn cứ vào tốc độ nước chảy và loại đất đắp để có biện pháp gia cố hoặc bảo vệ ta luy cho thoả đáng (hình 6.3d).

- Trường hợp nền đắp lấp đất 2 bên thùng đấu thì cấu tạo theo hình 6.4.



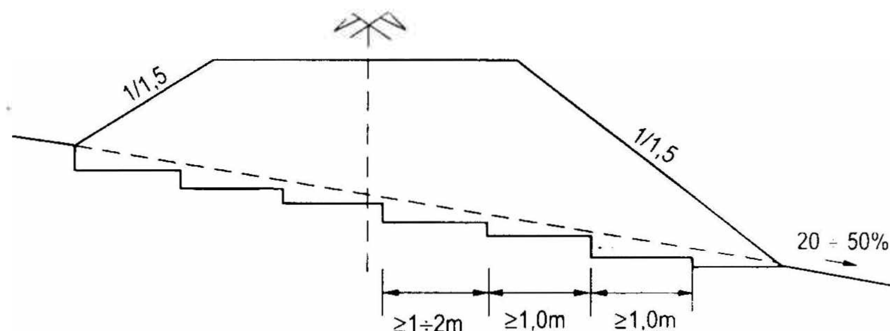
Hình 6.4: Đắp nền đường và thùng đấu.

Trị số K lấy theo bảng (6.5)

Bảng 6.5. Chiều rộng tối thiểu thềm bảo vệ k
(theo TCVN 4054-98)

Chiều cao nền đắp (m)	< 2	3	3 ÷ 6	6 ÷ 12
Bề rộng thềm bảo vệ K (m)	0,0	1	2	4

- Trường hợp nền đắp trên sườn dốc ta phải có biện pháp để nền đường không bị trượt trên sườn dốc. Nếu sườn dốc tự nhiên < 20% thì chỉ cần rẫy hết cây cỏ trên phạm vi nền đường rồi đắp nền đường. Nếu sườn dốc 20% ÷ 25% thì nhất thiết phải đánh bậc (hình 6.5).



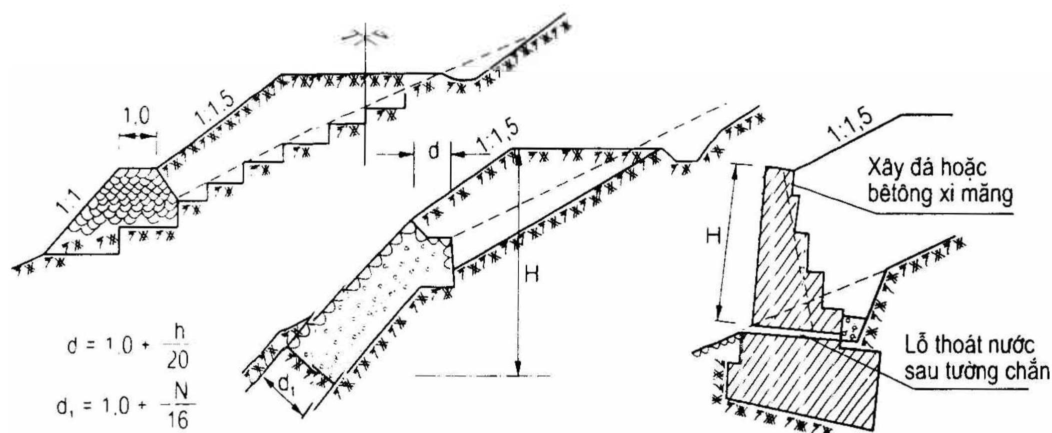
Hình 6.5: Đánh cấp bậc trên sườn dốc

Nếu thi công bằng cơ giới thì bề rộng bậc phải lấy bằng chiều rộng lưỡi máy.

- Nếu độ dốc sườn núi ≥ 50% thì lúc này không thể đắp đất với mái dốc ta luy 1 : 1,5 được vì mái ta luy phải kéo dài mới gặp sườn dốc tự nhiên được do đó khó đảm bảo ổn định toàn khối. Trường hợp này thường dùng tường chắn hoặc xây đá hoặc đổ bê tông xi măng (hình 6.6).

2. Cấu tạo nền đường đào

Nền đường đào cấu tạo thường 2 kiểu: nền đào hoàn toàn và nền đào một phần (hình chữ L) (hình 6.7).



Hình 6.6 : Nền đường trên sườn dốc ≥ 50% xây tường chắn hoặc kè đá.

Khi xây dựng nền đào thường phá hoại thế cân bằng của tầng đất thiên nhiên, nhất là nền đào trên sườn dốc. Do đó mái ta luy cần có độ dốc 1 : m để đảm bảo sự ổn định của mái ta luy. Mái dốc cần phải thiết kế theo điều kiện của địa chất công trình và chú ý một số yếu tố :

- Thành phần và tính chất của đất, đá.
- Vị trí khe nứt, mặt nước và khả năng phát triển của nó.
- Nguyên nhân hình thành địa chất.
- Tính chất kết cấu và mức độ phong hoá.
- Chiều cao mái dốc.

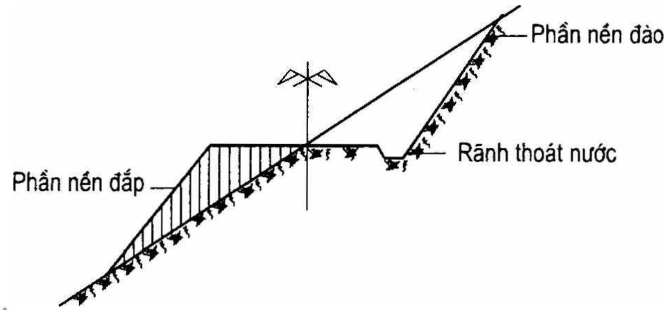
Từ cơ sở phân tích và đánh giá các yếu tố trên, trị số mái dốc ta luy 1 : m (lấy theo bảng 6.6).

Bảng 6.6. Trị số của mái dốc ta luy
(theo TCVN 4054-98)

Loại đất	1 : m
Đất cát chặc, á cát, á sét, các loại đất sét	1 : 1 ÷ 1 : 1,5
Đá rời rạc (đá cuội có cạnh, đá vỡ nhỏ)	1 : 1 ÷ 1 : 0,5
Đá mềm	1: 0,1
Đá phong hóa	1 : 0,5 ÷ 1 : 0,2
Đá cứng	Đứng thẳng hay gần thẳng

3. Nền đường nửa đào nửa đắp

Loại nền đường này có thể áp dụng các quy định về nền đường đài, nền đường đắp để thiết kế cho loại nền đường này (hình 6.7).



Hình 6.7: Nền đường nửa đào, nửa đắp

6.1.5. Chế độ thuỷ nhiệt của nền đường và thiết kế đảm bảo ổn định cường độ của nền đường

1) Ảnh hưởng của yếu tố thiên nhiên đối với nền đường

Những yếu tố thiên nhiên ảnh hưởng đến cường độ nền đường là: Nhiệt độ, khí hậu, mưa, gió và khả năng bốc hơi nước. Đặc biệt là độ ẩm ảnh hưởng đến cường độ và đặc trưng biến dạng của đất đã được nghiên cứu nhiều năm ở các phòng thí nghiệm và tại hiện trường. Kết quả đã được thống kê và tập hợp đưa vào quy trình thiết kế áo đường mềm 22TCN 211-93.

Nhiệm vụ thiết kế và thi công nền đường là dùng các giải pháp về kết cấu kỹ thuật làm cho độ ẩm của nền đường thay đổi ít để đảm bảo được cường độ của mặt đường. Chính vì vậy phải xác định quy luật về tình hình địa chất thuỷ văn của nền đường trong một khu vực nhất định.

Khi độ ẩm của nền đường càng lớn thì cường độ của nó càng giảm và đất càng biến dạng nhiều. Theo các thí nghiệm trị số độ ẩm tương đối cho phép ta đánh giá trạng thái của đất. Trạng thái ẩm của đất cũng có ảnh hưởng đến sự làm việc của đất dưới tác dụng của tải trọng trùng phục. Theo kết quả nghiên cứu của giáo sư tiến sĩ A.M. Krivisky quan hệ về sự làm việc của đất dưới tác dụng của tải trọng trùng phục được biểu diễn theo biểu đồ (hình 6.8). Thông thường nền đường có các trị số :

- Độ ẩm $\frac{W}{W_{nh}} = 0,5 \div 0,75$ thì nó ở trạng thái dẻo cứng

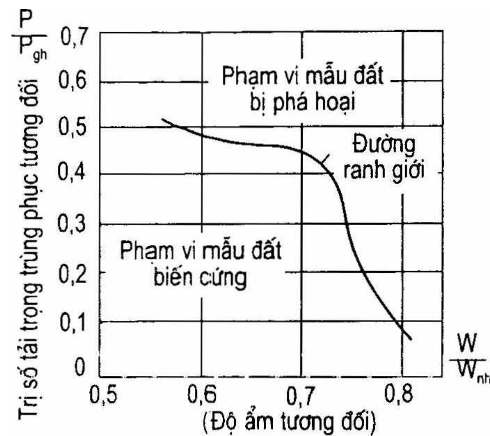
- Độ ẩm $\frac{W}{W_{nh}} = 0,75 \div 1$ thì đất ở trạng thái dẻo mềm và nhão

Chính vì vậy ta phải tìm biện pháp giữ cho trạng thái ẩm của nền đường $\frac{W}{W_{nh}} \neq 0,6 \div 0,65$ đó là độ ẩm tương đối cho phép ta đánh giá trạng thái của đất.

Trên biểu đồ ta thấy khi đất tương đối khô ($W < 0,7W_{nh}$) thì dưới tác dụng của tải trọng trùng phục với trị số tương đối lớn $P \leq (0,45 \div 0,55)\ P_{gh}$ thì nền đất trở lên biến cứng.

P là trị số tải trọng trùng phục tác dụng lên đất (kG/cm^2);

P_{gh} trị số tải trọng giới hạn mà đất chịu được khi tác dụng tĩnh một lần.



Hình 6.8: *Biểu đồ quan hệ giữa trạng thái đất và tải trọng trùng phục*

Trường hợp nền đất càng bị ẩm thì khả năng bị phá hoại càng nhiều và khả năng biến cứng càng ít như khi $W > 0,75\ W_{nh}$ thì chỉ tải trọng trùng phục rất nhỏ mới có thể biến cứng được. Như vậy biến cứng là hiện tượng nền đất dưới tác dụng của tải trọng trùng phục nhiều lần, lâu dài trở nên không tích luỹ biến dạng dư nữa mà chỉ làm việc ở trạng thái đàn hồi. Trên thực tế các nền đất của mặt đường sử dụng lâu năm thì biến cứng khiến cho khả năng chống biến dạng trở lên rất cao. Như vậy nếu không chế được độ ẩm nền đường trong một phạm vi xác định thì quá trình tải trọng xe chạy trùng phục sẽ có lợi cho cường độ của nền đường. Nền đất biến cứng hay xảy ra ở các nền đất dính. Còn nền đất không dính (cát) thì không trở nên biến cứng được. Nền đường biến cứng có cường độ cao sẽ giảm bề dày kết cấu áo đường. Đó là điều kiện kinh tế khi xây dựng đường. Nghiên cứu quy luật thay đổi cường độ của nền đất hay quy luật thay đổi của độ ẩm nền đất chính là nghiên cứu chế độ thuỷ nhiệt của nền đường.

2. Chế độ thuỷ nhiệt của nền đường và nguồn ẩm

Quy luật tác động của môi trường thiên nhiên đối với nền đường là quy luật thay đổi và phân bố độ ẩm tại các điểm khác nhau trong khối đất nền đường theo thời gian.

Quy luật thay đổi và phân bố độ ẩm phụ thuộc quy luật thay đổi các nguồn ẩm gây ra ẩm đất nền đường. Chế độ thuỷ nhiệt của nền đường còn phụ thuộc kết cấu nền đường và mặt đường. Cụ thể như biện pháp thoát nước nền mặt đường, chiều cao đào đắp, chế độ đầm nén nền đất...

Nguồn ẩm ở nền đường bao gồm các loại như sau:

- Nước ngầm: Mực nước ngầm ở các khu vực đồng bằng, vùng trũng... ngấm từ dưới đất lên theo mao dẫn ảnh hưởng đến nền đường, nguồn ẩm này nguy hiểm.

- Nước mưa thấm qua lớp đất gần đường và lề đường hoặc mặt đường ảnh hưởng đến khu vực đất nền đường. Nếu mặt đường không thấm nước và lề đường gia cố tốt sẽ hạn chế nguồn ẩm này.

- Nước đọng: Nước đọng trên mặt đường, ao hồ, kênh mương, vùng nước ngập bên đường ngấm vào thân nền đường. Nước đọng có thể lâu dài hoặc có thời gian ngắn.

- Hơi nước: di chuyển trong lỗ rỗng của đất theo quy luật dòng nhiệt theo mùa từ vùng nóng đến vùng lạnh.

Nguồn ẩm ảnh hưởng nhiều ở vùng đồng bằng nhất là nước ngầm và nước mưa. Còn vùng núi nước mưa là nguồn ẩm chính tác động đến nền đường.

3) Biện pháp cải thiện chế độ thuỷ nhiệt của nền đường để tăng cường độ của nó

- Đầm chặt đất nền đường - là biện pháp hữu hiệu cải thiện chế độ thuỷ nhiệt của nền đường tương đối đơn giản, phổ biến. Đại lượng đặc trưng đánh giá độ chặt đầm nén là dung trọng khô $\delta(T/m^3)$ nhưng nếu loại đất khác nhau mà có cùng δ thì không xác định loại đất nào chặt hơn. Vì vậy ta dùng hệ số đầm nén K thông qua khái niệm độ chặt tương đối :

$$K = \frac{\delta}{\delta_0} \tag{6.4}$$

Trong đó :

δ - dung trọng khô của đất sau khi đầm nén chặt trên thực tế;

δ_0 - dung trọng khô của đất đó nhưng đầm nén chặt trong điều kiện tiêu chuẩn (độ chặt tiêu chuẩn hay độ chặt tốt nhất tiêu chuẩn).

Quy định hệ số đầm nén đất nền đường tối thiểu phải đạt được theo bảng 6.7.

Bảng 6.7. Độ chặt yêu cầu của đất nền đường (theo TCVN 4201-1995)

Loại nền đường	Phạm vi theo chiều sâu yêu cầu độ chặt khác nhau trong nền đường	Độ chặt yêu cầu K
1 - Nền đắp:	- 0,3m trên cùng kể từ đáy áo đường	≥ 0,98 (0,98 ÷ 1,02)
	- Tiếp theo cho đến hết phạm vi 1,2m; kể từ bề mặt áo đường (hết khu vực tác dụng)	≥ 0,95 (≥ 0,95)
	- Phần đắp còn lại	≥ 0,90 (≥ 0,95)
	- Phần đắp còn lại nếu ngập nước.	≥ 0,95 (≥ 0,95)
2- Nền không đào, không đắp; nền đào; nền đắp đường cũ khi cải tạo	- 0,3m trên cùng kể từ đáy áo đường	≥ 0,98 (0,98 ÷ 1,02)
	- Tiếp theo cho đến hết phạm vi 1,2m kể từ bề mặt áo đường (hết khu vực tác dụng)	≥ 0,90 (0,90 ÷ 0,95)

- Biện pháp đắp cao nền đường

Đắp cao nền đường trên mức nước đọng hay mực nước ngầm là biện pháp cải thiện trạng thái phân bố nguồn ẩm bất lợi.

Theo quy định ở trên tiêu chuẩn thiết kế đường bộ 1998 ở Việt Nam quy định chiều cao đắp tối thiểu kể từ mực nước ngầm tính toán và mực nước đọng thường xuyên đến mặt đáy kết cấu áo đường (bảng 6.8).

Bảng 6.8. Quy định chiều cao đắp tối thiểu (theo 22 TCN 211-1993)

Loại đất	Chiều cao đắp tối thiểu kể từ mực nước ngầm tính toán (hay mực nước đọng thường xuyên từ mặt đất tự nhiên ở khu vực địa hình ẩm ướt đến đáy áo đường, m.
- Cát vừa, cát nhỏ, cát pha sét nhẹ	0,5 (0,3)
- Cát bụi, cát pha sét nặng	0,7 (0,4)
- Cát pha sét bụi, sét pha cát bụi	1,2 ÷ 1,8 (0,5)
- Sét pha cát bụi, sét pha cát nặng, sét béo, sét nặng.	1,0 ÷ 1,2 (0,4)

- Biện pháp tiêu thoát nước và ngăn chặn các nguồn ẩm

Biện pháp này chủ động cải thiện chế độ thuỷ nhiệt của nền đường là tìm mọi giải pháp triệt để ngăn chặn các nguồn nước chảy, thấm, mao dẫn... đến khu vực tác dụng của nền đường đó là nước ngầm, nước mặt...

+ Đối với nước ngầm ngăn chặn bằng cách hạ mực nước ngầm, làm các lớp cách nước, đầm chặt đất nền đường và đào rãnh biên sâu ở 2 bên đường nếu điều kiện cho phép.

+ Đối với nước mặt thì giải pháp kết cấu mặt đường không thấm nước, tổ chức thoát nước mặt bằng rãnh 2 bên đường (rãnh biên), cống ngầm ngăn chặn các nguồn nước mưa, nước sông, nước suối ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến nền đường.

6.2. THIẾT KẾ KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG

6.2.1. Các yêu cầu cơ bản đối với áo đường

Áo đường là kết cấu chặt chẽ gồm một hoặc nhiều lớp có độ cứng nhất định chịu tác dụng trực tiếp của tải trọng xe cộ và các yếu tố tác động của thiên nhiên như mưa, nắng, gió...

Sự tác động của tải trọng ô tô chạy trên đường là tải trọng động, có lực xung kích và trùng phục nhiều lần. Tải trọng đó gây ra lực tác dụng thẳng đứng đồng thời cả lực nằm ngang (khi hãm xe và khởi động xe) còn yếu tố thiên nhiên gây ra trên kết cấu áo đường làm rạn, nứt, lún kết cấu áo đường và dưới tác dụng của nước sẽ làm kết cấu áo đường dễ dàng bị phá hoại. Chính vì vậy kết cấu áo đường trước hết cần có cường độ và độ ổn định chống lại sự tác động của các yếu tố nêu trên.

Áo đường cần đạt được một số yêu cầu cơ bản sau :

1. Áo đường phải có đủ cường độ: Dưới tác dụng của tải trọng xe chạy, tác dụng trùng phục thẳng đứng và phát sinh lực ngang; áo đường có đủ cường độ là biểu thị qua khả năng chống biến dạng (lún, uốn, nứt...). Ngoài ra lớp kết cấu trên của áo đường phải đảm bảo tính ổn định chống bào mòn và ít bị thay đổi trước những tác động của yếu tố thiên nhiên.

2. Áo đường phải có độ bằng phẳng: Lớp kết cấu trên của áo đường là lớp mặt đường. Mặt đường phải đạt được độ bằng phẳng nhất định để xe chạy đỡ xóc, êm thuận, không va đập và có sức cản lăn nhỏ nhất. Bề mặt bằng phẳng của đường trong đô thị là yếu tố hạn chế gây chấn động cho các công trình và ít gây ồn cho dân cư hai bên đường. Độ bằng phẳng của đường liên quan tới cường độ kết cấu áo đường. Nếu cường độ áo đường thấp sẽ gây ra lồi lõm bề mặt do tải trọng tác dụng và các yếu tố thiên nhiên tác động là nguyên nhân làm bề mặt đường không đảm bảo bằng phẳng.

3. Mặt của kết cấu áo đường phải đủ độ nhám: Độ nhám mặt đường đảm bảo nâng cao hệ số độ bám giữa xe và mặt đường. Đặc biệt độ nhám đó ít bị thay đổi theo thời tiết và thời gian. Độ nhám mặt đường tạo điều kiện tốt cho xe chạy an toàn đồng thời tác động có hiệu quả khi xe hãm phanh.

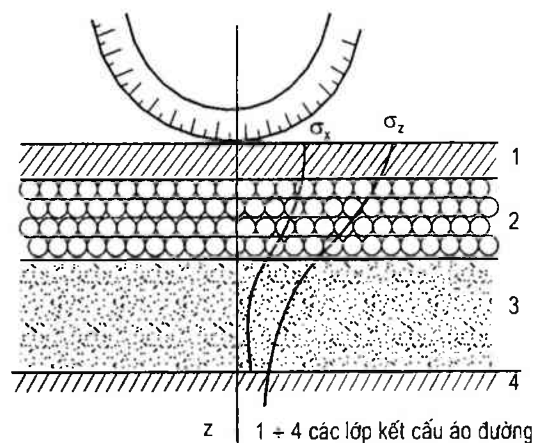
Ngoài các yêu cầu cơ bản trên, mặt đường của kết cấu áo đường cần phải sạch sẽ, ít bụi. Bụi là sản phẩm do bào mòn lớp mặt và các chất bẩn nơi khác mang vào mặt đường sẽ làm giảm tầm nhìn, gây ô nhiễm môi trường đô thị và tác động xấu đến hàng hoá, hành khách, người đi đường cũng như các công trình hai bên đường.

Mặt khác kết cấu áo đường khi thiết kế và thi công cần lưu ý tận dụng được vật liệu địa phương đồng thời phải có giải pháp thi công hợp lý, tiên tiến và có thể cơ giới hoá nhằm giảm giá thành xây dựng

6.2.2. Kết cấu áo đường

Kết cấu áo đường phải đảm bảo yêu cầu về giao thông và sử dụng.

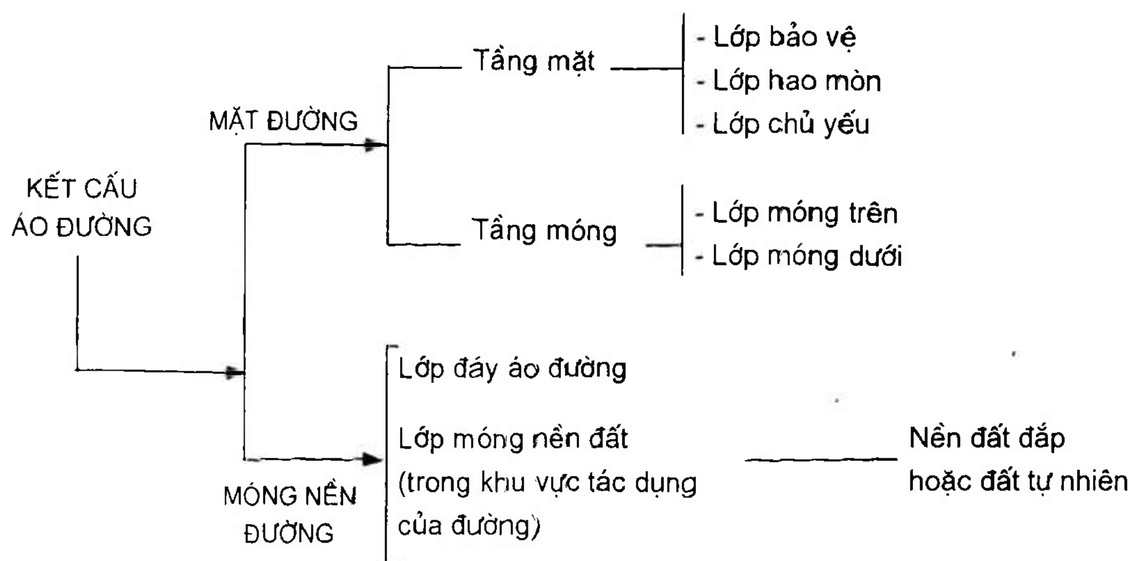
Khi xe chạy trên đường gây nên lực tác dụng lên áo đường. Lực tác dụng lên áo đường gồm 2 thành phần: lực thẳng đứng do tải trọng xe và lực nằm ngang do sức kéo, lực hãm xe, lực ngang (khi xe chạy vào đường vòng) gây ra; các lực này truyền qua lớp kết cấu áo đường xuống nền đường. Sơ đồ phân bố ứng suất như hình 6.9.



Hình 6.9: *Sơ đồ phân bố ứng suất trong kết cấu áo đường*
σ_x: ứng suất do lực ngang gây ra;
σ_z: ứng suất do lực thẳng đứng gây ra

Tại bề mặt của kết cấu áo đường $\sigma_z = P$ (P là áp lực thẳng đứng do tải trọng bánh xe nặng nhất truyền xuống qua diện tích vệt bánh xe tiếp xúc với mặt đường); còn $\sigma_x = 0,2 \div 0,3P$ khi xe chạy và $0,75 \div 0,85$ khi xe hãm. Theo sơ đồ thì lực ngang chỉ tác dụng ở trên bề mặt mặt đường (lớp trên kết cấu áo đường) mà không truyền sâu xuống lớp dưới, nó gây ra trạng thái ứng suất ở lớp mặt đường làm cho vật liệu lớp mặt đường bị trơn trượt, bong bật, bào mòn dẫn tới bị phá hoại. Ngược lại lực thẳng đứng truyền sâu xuống hết lớp kết cấu áo đường (trong phạm vi tác dụng của nền đường).

Vì vậy, về mặt chịu lực, kết cấu áo đường cần phải có nhiều lớp, nhiều tầng có nhiệm vụ khác nhau để phù hợp với khả năng chịu lực khác nhau do tải trọng gây ra. Kết cấu áo đường được cấu tạo theo sơ đồ :



Theo sơ đồ trên, lớp móng nền đất là bộ phận trong kết cấu áo đường do đó lớp nền đất cũng là bộ phận chịu lực thẳng đứng truyền xuống. Với quan niệm kết cấu áo đường và lớp móng nền đường đều tham gia chịu lực ta cần chú ý các biện pháp tăng cường độ và đảm bảo sự ổn định cường độ của lớp móng nền đất.

Lớp đáy áo đường có tác dụng quan trọng trong vấn đề chịu lực của kết cấu áo đường. Đó là nó tạo ra lực nén đồng nhất, có sức chịu tải cao; ngăn chặn nguồn ẩm từ trên xuống nền đất cũng như từ dưới nền đất lên lớp trên kết cấu. Đó chính là điều kiện làm tăng tính ổn định và bền vững của kết cấu. Mặt khác khi thi công các lớp kết cấu áo đường lớp đáy áo đường bền chắc giúp cho chất lượng lu lèn các lớp trên đảm bảo được lèn chặt.

Riêng phần áo đường chia ra 2 tầng: tầng mặt là tầng trực tiếp chịu tác dụng của tải trọng bánh xe và ảnh hưởng của các yếu tố thiên nhiên (chịu tác động lực thẳng đứng và lực nằm ngang) vì vậy tầng mặt được làm bằng các vật liệu có cường độ cao và sức liên kết tốt. Để liên kết tốt tầng mặt cần dùng các vật liệu có phối hợp với chất liên kết hữu

cơ hoặc vô cơ (như nhựa đường, xi măng...) nhằm tạo ra liên kết toàn khối vững chắc với cường độ cao. Ngoài ra các vật liệu tầng mặt có kích cỡ nhỏ hoặc vừa để giảm khả năng bong bật do lực ngang. Đôi khi do cường độ vận tải lớn, tầng mặt còn được làm thêm các lớp hao mòn và lớp bảo vệ để hạn chế tác dụng xung kích, mài mòn trực tiếp của bánh xe và các ảnh hưởng do thiên nhiên gây ra.

Lớp hao mòn có chiều dày từ 1 - 3cm với vật liệu có dính kết rải lớp mặt chủ yếu. Vật liệu hạt cứng và chất liên kết sẽ bị bào mòn dần theo thời gian, phải định kỳ làm lại.

Lớp bảo vệ trải trên lớp hao mòn có tác dụng làm bằng phẳng mặt đường, giảm nhẹ tác dụng của bánh xe với chiều dày từ 0,5 - 1cm.

Hai lớp trên không được kể vào bề dày tầng mặt khi tính toán cường độ kết cấu áo đường.

Lớp mặt dưới (lớp liên kết) là lớp có cường độ chịu lực tốt phù hợp với chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ tham gia chịu lực của kết cấu áo đường. Lớp này thường được bố trí trong trường hợp lưu lượng xe lớn, có nhiều xe nặng và lớp mặt trên nhỏ hơn 5cm và đặc biệt yêu cầu cao về độ bằng phẳng (đường cấp cao).

Khác với tầng mặt, tầng móng chỉ chịu lực thẳng đứng. Nhiệm vụ của tầng móng là truyền và phân bố lực thẳng đứng để khi đến nền đất thì ứng suất sẽ giảm đến mức độ đất nền đường chịu được để không tạo ra biến dạng thẳng đứng hoặc biến dạng trượt quá lớn. Theo biểu đồ phân bố ứng suất ta thấy lực tác dụng của tải trọng theo phương thẳng đứng (σ_z) giảm dần theo chiều sâu nên khi bố trí vật liệu cho lớp móng thì để tiết kiệm tầng móng được làm bằng nhiều loại vật liệu khác nhau có cường độ giảm dần từ trên xuống dưới. Do không bị ảnh hưởng phá hoại như lớp bề mặt nên vật liệu làm các lớp này có thể dùng các vật liệu rời rạc, kích cỡ hạt lớn hơn (như đá dăm cấp phối, sỏi cuội cấp phối, đất gia cố chất vô cơ...) song đòi hỏi phải có độ cứng và độ chặt nhất định.

Các lớp dưới tầng móng có thể sử dụng vật liệu địa phương (cát, xỉ lò cao...) theo bố trí của nguyên lý cường độ giảm dần theo chiều sâu.

Theo nghiên cứu gần đây người ta có thể bố trí cấu tạo áo đường theo kiểu kết cấu ngược có nghĩa là bố trí vật liệu không theo quy luật của nguyên lý chịu lực giảm dần theo chiều sâu mà trái lại tầng móng có thể có mô đun đàn hồi của vật liệu lớn hơn tầng mặt hoặc mô đun đàn hồi lớp móng dưới lớn hơn mô đun đàn hồi lớp móng trên.

Cách bố trí ngược này có ưu điểm làm giảm đáng kể ứng suất thẳng đứng do tải trọng bánh xe truyền xuống nền đường, do đó có thể giảm chiều dày tầng móng đem lại hiệu quả về kinh tế mặt khác lớp móng bằng vật liệu gia cố tốt tạo ra lớp vững chắc là cơ sở để lu lèn các lớp vật liệu ở trên. Tuy vậy đây là vấn đề chưa được nghiên cứu phân tích kỹ về ảnh hưởng của lớp cứng dưới và lớp mềm trên tạo ra các ứng suất khác (kéo uốn, cắt trượt...).

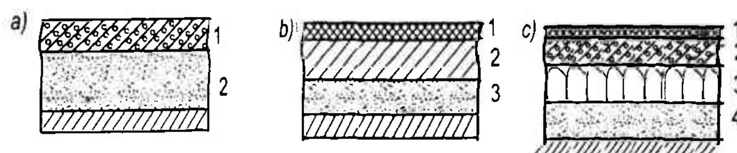
Ta có thể tham khảo một số kết cấu áo đường với cấu tạo các lớp theo quy luật phân bố ứng suất theo chiều sâu khi có tác dụng của tải trọng (hình 6.10)

3 2
9-10 5
14-18
20-40
Bê tông nhựa hạt nhỏ
Bê tông nhựa hạt vừa
Bê tông nhựa rỗng
Cấp phối đá dăm
Cấp phối đá cuội sỏi (hoặc đất gia cố)

22-24cm
14-16
Bê tông xi măng mác > 300
Cát trộn nhựa hoặc giấy dầu quét nhựa đường
Đất cát gia cố xi măng
Nền đất lèn chặt

Ví dụ kết cấu áo đường cấp cao

Sơ đồ cấu tạo kết cấu áo đường



Hình 6.10: Kết cấu áo đường

Không nhất thiết kết cấu áo đường phải có đủ các tầng, các lớp như trên mà tuỳ theo yêu cầu xe chạy, tuỳ loại mặt đường, cấp hạng đường... có thể chỉ có một số tầng lớp nào đó, ví dụ mặt đường quá độ hoặc cấp thấp có thể tầng mặt làm nhiệm vụ luôn của tầng móng đặt trực tiếp trên nền đường. Còn mặt đường cấp cao khi thiết kế kết cấu áo đường mềm thì trong mỗi tầng có thể bố trí nhiều lớp để tiết kiệm vật liệu đắt tiền. Với kết cấu áo đường cứng thì thường có 2 tầng: tầng mặt là tấm bê tông có số hiệu cao (mác bê tông 300 trở lên) để chịu ứng suất kéo uốn tốt và đủ cường độ chống lại sự phá hoại cục bộ tại góc, cạnh tấm do tác dụng của tải trọng trùng phục và đảm bảo chống bào mòn bề mặt (cũng có khi người ta làm thêm lớp hao mòn bề mặt đường bê tông xi măng để giảm bớt hiện tượng nói trên); tầng móng tuy không tham gia chịu lực lớn như kết cấu áo đường mềm nhưng có tác dụng đảm bảo sự bền vững của lớp mặt bê tông ở trên.

Nắm vững chức năng và nhiệm vụ của từng tầng, lớp của kết cấu áo đường người thiết kế có cơ sở để lựa chọn vật liệu thích hợp với đặc điểm chịu lực và trạng thái thuỷ nhiệt của các tầng, các lớp trên cơ sở tính toán về kinh tế - kỹ thuật, giải pháp thi công và bảo dưỡng duy tu, sửa chữa trong điều kiện thực tế.

6.2.3. Phân loại áo đường

1) Phân loại áo đường theo vật liệu xây dựng

a) Các loại mặt đường bằng đất đá

- Mặt đường cấp phối: vật liệu chính là sỏi, đá dăm rồi dùng các hạt sỏi con, cát, đất sét trộn với nhau theo những tỷ lệ nhất định và tưới nước lèn ép chặt. Như vậy sẽ được

một hỗn hợp vật liệu cấp phối tốt nhất, cường độ của nó được tạo nên bởi lực ma sát và lực dính giữa các hạt. Loại mặt đường này ở nước ta dùng rất nhiều.

- Mặt đường đá dăm nước (hoặc đá dăm dùng theo nguyên lý Ma-Ka-Đan). Vật liệu đá dăm có kích cỡ đồng đều, sần sùi, sắc cạnh được rải thành từng lớp và lu lèn chặt để các hòn đá chèn khít vào nhau. Cường độ kết cấu áo đường loại này hình thành do ma sát các bề mặt đá và bột đá sinh ra trong quá trình lu lèn tạo nên.

- Mặt đường đá lát: vật liệu đá có hình thù nhất định, có qua gia công để xây lát trên nền cát hoặc nền đất đầm chặt và có khả năng thoát nước tốt.

Các loại mặt đường bằng đất đá đơn thuần nói trên nhìn chung cường độ và tính ổn định cường độ kém. Thường mùa mưa bị trơn lầy, dễ bị biến dạng, bong bật, không đảm bảo thông xe hoàn toàn trong mùa mưa. Riêng mặt đường đá lát sử dụng tốt nhưng tốn công.

b) Các loại mặt đường làm bằng hỗn hợp vật liệu đất đá và chất liên kết hữu cơ (nhựa bitum)

- Bê tông nhựa: Vật liệu là đá sỏi, kích cỡ khác nhau phối hợp với tỷ lệ nhất định trộn với nhựa lỏng hoặc nhựa đặc, rồi đem rải và lu lèn ép chặt. Loại này có cường độ rất cao, tuỳ theo phương pháp thi công, nhiệt độ khi rải, kích cỡ đá, hàm lượng đá dăm vv..

- Mặt đường đá dăm đen: Vật liệu đá, đá dăm có kích cỡ đồng đều, hoặc theo cấp phối nhất định, đem trộn với nhau rồi lèn ép chặt. Khác với bê tông nhựa là trong hỗn hợp vật liệu không có bột khoáng, do đó độ rỗng lớn và cường độ thấp hơn bê tông nhựa.

- Mặt đường thâm nhập nhựa: Hỗn hợp đá dăm có kích cỡ đồng đều đem rải và lèn lèn sơ bộ và tưới nhựa cho thâm nhập vào kẽ đá, sau đó bù đá kích thước bé hơn và lèn lèn chặt.

- Mặt đường tráng nhựa: Trên lớp mặt đường chủ yếu ta tưới nhựa lên rồi rải đá nhỏ lên trên và lu lèn cho nhựa nổi lên mặt đá. Đá, nhựa liên kết tạo thành lớp mỏng, kín, chắc, không thấm nước.

c) Các loại mặt đường làm bằng hỗn hợp vật liệu đất đá và chất liên kết vô cơ (xi măng, vôi v.v...).

- Mặt đường đất gia cố vôi, xi măng: Vật liệu là đất trộn với vôi hoặc xi măng rồi tưới nước làm ẩm và đầm lèn chặt.

- Mặt đường bê tông xi măng: Vật liệu là đá dăm, cát vàng và xi măng trộn với nhau theo tỷ lệ cấp phối nhất định và đem rải tạo thành các tấm mặt đường. Mặt đường bê tông xi măng có thể đổ toàn khối tại mặt đường hoặc đúc tấm và sau đó lát thành mặt đường lắp ghép.

2) Phân loại áo đường theo tính chất cơ học

Người ta chia áo đường theo tính chất cơ học gồm hai loại sau :

Áo đường cứng là kết cấu có độ cứng rất lớn, cường độ chống biến dạng (môđun đàn hồi) cũng cao hơn hẳn so với nền đất và đặc biệt có khả năng chịu uốn lớn, do đó nó làm việc theo nguyên lý tấm đàn hồi trên nền đàn hồi và phân bố được áp lực của tải trọng xe chạy xuống nền đất trên một diện tích rộng khiến cho nền đất ít phải tham gia chịu tải.

Áo đường bê tông xi măng thuộc loại cứng, cường độ chịu uốn và môđun đàn hồi của tầng mặt bê tông rất cao và thực tế không thay đổi theo nhiệt độ và độ ẩm. Với tầng mặt bê tông, tầng móng và nền đất ít tham gia chịu tải; tuy nhiên, như trên đã nói, vai trò của tầng móng ở đây là để duy trì được tình trạng tiếp xúc tốt dưới đáy tấm bê tông trong suốt quá trình khai thác dưới tác dụng của tải trọng trùng phục tức là móng phải đảm bảo làm việc ở trạng thái đàn hồi.

Áo đường mềm là kết cấu với các tầng, lớp đều có khả năng chịu uốn nhỏ (hoặc không có khả năng chịu uốn); dưới tác dụng của tải trọng xe chạy chỉ chịu nén và chịu cắt trượt là chủ yếu. Ngoài ra, cường độ và khả năng chống biến dạng của nó có thể phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm. Do đặc điểm chịu tải như vậy nên trong kết cấu áo đường mềm nền đất cũng tham gia chịu tải cùng với áo đường ở mức độ đáng kể (biến dạng thẳng đứng của nền đất có thể chiếm tới 60 ÷ 70% biến dạng tổng cộng của cả kết cấu áo đường mềm dưới tác dụng của tải trọng).

Thuộc về loại áo đường mềm là tất cả các loại áo đường bằng các vật liệu khác nhau (hoặc cấu trúc khác nhau) nói trên, trừ mặt đường bê tông xi măng. Tuy nhiên, gần đây nhiều tác giả đã xếp áo đường bê tông át phan cấp cao sang loại áo đường cứng vì tầng bê tông nhựa này cũng có độ cứng và khả năng chịu kéo - uốn nhất định.

Việc phân loại thành áo đường cứng và mềm có ý nghĩa về mặt cơ học nhằm tìm kiếm các phương pháp tính toán cường độ và biến dạng thích hợp đối với mỗi loại áo đường đó, bảo đảm cho chúng không bị phá hoại dưới tác dụng của xe chạy trong suốt quá trình sử dụng.

3) Phân loại áo đường theo cấp hạng

Căn cứ vào quy trình thiết kế áo đường mềm người ta có thể phân loại kết cấu áo đường theo cấp hạng đường (quy trình thiết kế áo đường mềm 22TCN 211-93) theo bảng 6.9.

Bảng 6.9. Phân loại áo đường theo cấp hạng (theo 22 TCN 211-1993)

Cấp hạng lớp mặt	Tên lớp mặt	Phạm vi sử dụng
I. Cấp cao	1. Bê tông xi măng (toàn khối và lắp ghép) 2. Bê tông nhựa rải ở trạng thái nóng và ẩm 3. Phiến đá lát (phiến đá to được gia công bề mặt) đặt trên móng đá hoặc bê tông	Trên các đường cấp I và II, các đường khác có yêu cầu đặc biệt và trên đường cấp III nếu có lợi về kinh tế
II. Cấp cao thứ yếu	1. Đá dăm đem trộn trong thiết bị. 2. Bê tông nhựa rải nguội (dùng nhựa đặc pha dầu hay nhũ tương) 3. Đá dăm trộn nhựa theo phương pháp trộn trên đường. 4. Đá dăm thâm nhập	Trên các đường cấp III đến cấp IV hoặc làm lớp mặt tạm thời ở giai đoạn đầu cho đường cấp II
III. Quá độ	1. Đá dăm macadan (nước) 2. Đất và đá cường độ yếu, xỉ lò gia cố chất dính kết hữu cơ và vô cơ trên có láng mặt. 3. Đá lát bằng đá hộc gia công sơ bộ bề mặt.	Trên đường cấp IV-V hoặc làm lớp mặt tạm ở giai đoạn đầu cho đường cấp III.
IV. Cấp thấp	Cấp phối tự nhiên có thành phần thích hợp hoặc đất cải thiện bằng vật liệu hạt.	Trên đường cấp V và cấp VI hoặc làm lớp mặt tạm ở giai đoạn đầu cho đường cấp IV

6.2.4. Nguyên tắc thiết kế kết cấu áo đường

Áo đường là phần quan trọng nhất của đường đô thị, chi phí xây dựng áo đường ở nước ta chiếm từ 45 - 65% giá thành xây dựng đường. Đồng thời áo đường ảnh hưởng trực tiếp đến điều kiện xe chạy, an toàn và môi trường. Do đó việc thiết kế kết cấu áo đường phải tuân thủ theo một số nguyên tắc và trình tự như sau:

- Đề xuất các phương án kết cấu áo đường: mỗi phương án có thể có tầng mặt, tầng móng, số lớp bằng các vật liệu khác nhau, cấu trúc và công nghệ thi công khác nhau ;

- Tính toán cường độ (hoặc biến dạng) chung của cả kết cấu và tại mỗi vị trí bất lợi trong mỗi tầng, lớp kết cấu; xác định bề dày mỗi tầng, lớp để bảo đảm đạt được yêu cầu cường độ cần thiết (kể cả có dự trữ về cường độ cần thiết). Công việc tính toán cường độ (bề dày) này thật ra không thể tách rời công việc thiết kế cấu tạo và ngược lại, cấu tạo không tách rời tính toán. Bề dày tính toán phải phù hợp với bề dày theo yêu cầu cấu tạo, cấu trúc vật liệu và theo yêu cầu của công nghệ thi công, công nghệ duy tu, bảo dưỡng. Ngoài ra bề dày cấu tạo phải đồng thời bảo đảm được yêu cầu về cường độ cần thiết.

- Tính toán luận chứng kinh tế - kỹ thuật, so sánh phương án, chọn kết cấu áo đường tối ưu trong điều kiện cụ thể từng đoạn sao cho thoả mãn được các yêu cầu chung đối với áo đường.

Một số điểm chung cần chú ý khi thiết kế cấu tạo áo đường là :

1) Chọn loại tầng mặt áo đường trước hết cần xuất phát từ ý nghĩa, cấp hạng kỹ thuật của đường, lưu lượng và tốc độ xe chạy thiết kế (tham khảo bảng 6.9) đồng thời phải xét đến điều kiện khí hậu, khả năng cung cấp vật liệu, khả năng thi công và điều kiện duy tu sửa chữa.

Vật liệu làm lớp mặt đường loại ít hoặc không thấm nước, có cường độ và tính ổn định về cường độ đối với nước và nhiệt độ cao và đặc biệt có khả năng chống tác dụng phá hoại bề mặt cũng như chịu bào mòn tốt. Vì thế tốt nhất là dùng các vật liệu liên kết tốt (dùng thêm chất liên kết), có độ chặt lớn, có cốt liệu được chọn lọc về hình dạng và tình trạng bề mặt để bảo đảm cường độ (c và φ) cần thiết và kích cỡ hạt nhỏ để bảo đảm chống bong bật tốt. Do vậy, lớp mặt trên của tầng mặt cấp cao vẫn phải dùng bê tông nhựa chặt là chủ yếu. Mặt khác để tăng tính ổn định và tăng tuổi thọ của bê tông nhựa hiện có xu thế sử dụng nhựa cải tiến (nhựa có phụ gia pôlime hoặc bột cao su...).

Trong trường hợp vật liệu làm lớp mặt trên không đủ các phẩm chất nói trên, đặc biệt là không đủ sức chịu phá hoại bề mặt, thì nhất thiết phải cấu tạo thêm lớp hao mòn và bảo vệ biện pháp duy tu, bảo dưỡng thường xuyên để chống lại các tác dụng phá hoại bề mặt. Nếu lớp mặt trên là bê tông nhựa chặt và tạo nhám tốt thì có thể không cần làm lớp hao mòn.

2) Tầng móng gồm nhiều lớp được chọn tuỳ theo điều kiện nền đường, địa chất thuỷ văn và tình hình vật liệu tại chỗ sẵn có, do đó kết cấu tầng móng có thể thay đổi trên từng đoạn ngắn (trong khi tầng mặt nên thống nhất dùng một loại trên cả đoạn dài, thậm chí trên toàn tuyến). Lớp móng còn thường thay đổi cả bề dày để bảo đảm cường độ chung của cả kết cấu áo đường khi cường độ nền đất thay đổi... Ngoài ra, phải luôn chú trọng tận dụng vật liệu thiên nhiên và phế thải công nghiệp tại chỗ để làm lớp móng dưới.

Vật liệu tầng móng có thể dùng cả các loại cấu trúc rời rạc, kích cỡ lớn, ít chịu được bào mòn như các lớp đá dăm, cấp phối, đất và đá gia cố chất liên kết vô cơ, sỏi cuội, đá ba, phế liệu công nghiệp, gạch vỡ... Cường độ các lớp móng, nói chung, càng xuống dưới càng yếu hơn (phù hợp với quy luật truyền ứng suất do hoạt tải).

Lớp đáy áo đường hoặc lớp móng dưới (nếu không bố trí lớp đáy áo đường) sát với nền đất, theo quan điểm hiện đại nên bố trí lớp vật liệu kín như đất gia cố vôi gia cố xi măng hoặc đất đầm nén chặt (hệ số đầm nén K = 1,0 - 1,02). Lớp này có ưu điểm là không thấm hơi và nước do đó tránh được tích tụ ẩm dưới đáy áo đường khiến cho cường độ nền đất ở dưới được ổn định.

Như vậy thì trong điều kiện nước ta (nhiệt đới) không nên dùng cát làm lớp móng dưới cùng vì cát rỗng tạo điều kiện thuận lợi cho việc tích tụ ẩm, đồng thời cát có cường độ thấp không góp phần vào việc chịu tải đáng kể, lại gây khó khăn cho việc thi công các lớp phía trên nó. Nếu đường dùng lớp cát đệm này thì nhất thiết phải xây dựng hệ thống rãnh xương cá thật tốt để thoát nước lòng đường.

3) Trừ trường hợp bố trí kết cấu ngược đối với mặt đường mềm, về môđun và cường độ các lớp vật liệu trong kết cấu thì từ trên tầng phủ xuống dưới nền đất nên bố trí giảm dần để phù hợp với trạng thái phân bố ứng suất (hình 6.9).

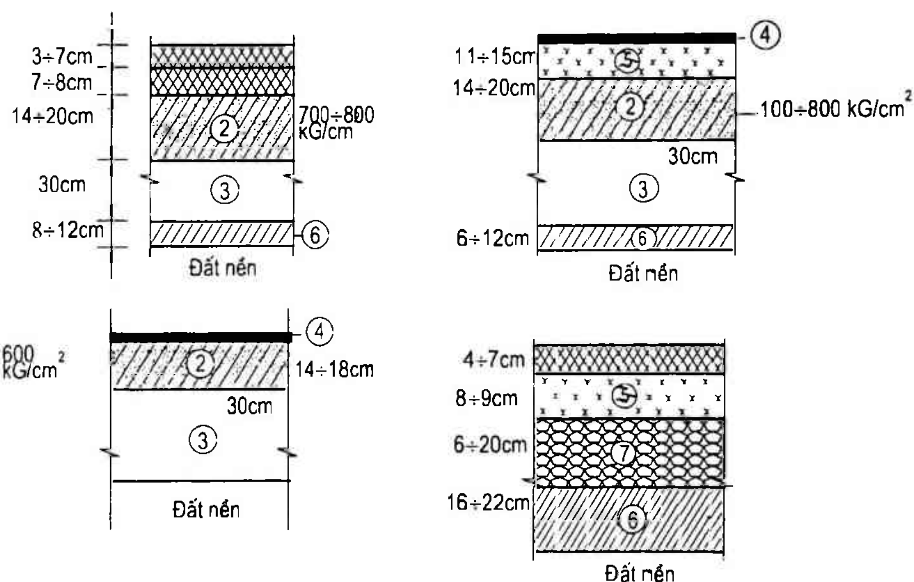
4) Để bảo đảm cường độ và tính ổn định cường độ cao, khi thiết kế cấu tạo áo đường phải luôn nắm vững quan điểm thiết kế tổng thể nền mặt đường và nguyên tắc tạo một kết cấu kín (hạn chế sự thâm nhập của mọi nguồn ẩm vào áo đường và khu vực tác dụng của nền đường từ mọi phía), tức là luôn chú trọng đề ra các biện pháp thích đáng để nâng cao cường độ và tính ổn định cường độ của nền đất phía dưới áo đường, tạo điều kiện cho nền đất tham gia chịu lực với áo đường đến mức tối đa, từ đó giảm được bề dày của áo đường (nhất là với áo đường mềm) và hạ giá thành xây dựng áo đường.

5) Bề dày các lớp trong kết cấu áo đường được xác định thông qua tính toán, tuy nhiên về mặt cấu tạo cần phải theo một số yêu cầu nhất định về bề dày tối thiểu của các lớp (bảng 6.10).

Bảng 6.10. Bề dày tối thiểu các lớp cấu tạo áo đường
(theo 22 TCN 211-1993)

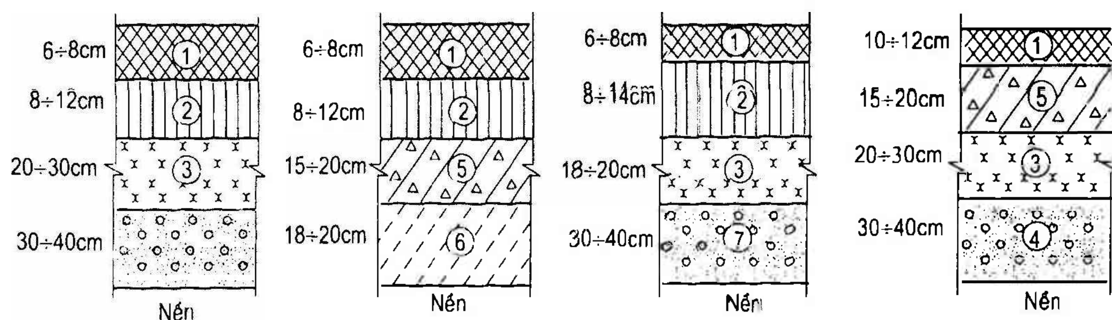
Lớp vật liệu áo đường	Bề dày tối thiểu (cm)
- Lớp hao mòn bằng vữa nhựa	1
- Bê tông át phan cát hạt nhỏ	3
- Bê tông át phan hạt vừa, hạt lớn	4 - 5
- Đá dăm thâm nhập nhựa nửa chừng hoặc thâm nhập nhẹ	5
- Đá dăm thâm nhập sâu	8
- Đá dăm, sỏi cuội gia cố xi măng	10
- Đất hoặc vật liệu ít đá gia cố chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ	10
- Đá dăm hoặc sỏi cuội trên móng cát (không nên sử dụng)	15
- Đá dăm hoặc sỏi trên móng đá hoặc đất gia cố	8 - 10

Dưới đây trình bày một số cấu tạo của các loại kết cấu các đường mềm cấu tạo kín (hình 6.11), kết cấu áo đường mềm cấp cao chủ yếu (hình 6.12), kết cấu áo đường mềm cấp thứ yếu (hình 6.13) và kết cấu mặt đường cấp thấp, quá độ (hình 6.14).



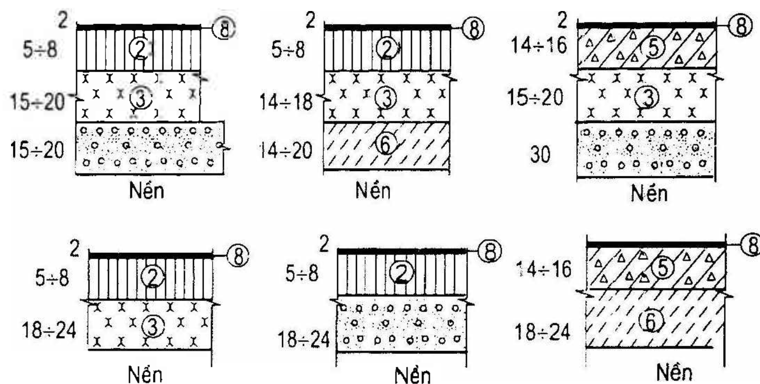
Hình 6.11: *Các kết cấu áo đường mềm cấu tạo kín*

1- Bê tông nhựa; 2- Đất hoặc đá có gia cố chất liên kết vô cơ; 3- Đất nén chặt với hệ số đầm nén K = 1,02 ÷ 1,044- Lớp tráng nhựa; 5- Lớp thâm nhập nhựa; 6- Đất gia cố chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ; 7- Cấp phối đá dăm.



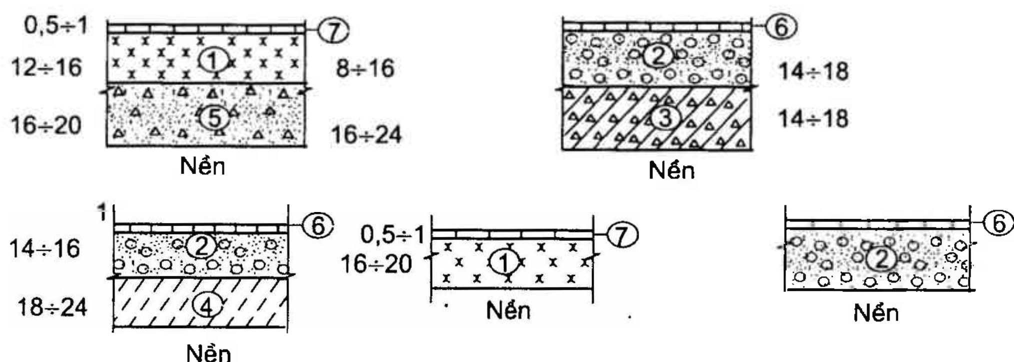
Hình 6.12: *Nền kết cấu áo đường mềm cấp cao.*

1- Bê tông át phan; 2- Đá dăm đen, sỏi cuội đen hoặc thâm nhập nhựa; 3- Cấp phối đá dăm; 4- Cấp phối đồi; 5- Đá gia cố chất liên kết vô cơ; 6- Đất gia cố vôi hay cát gia cố xi măng 7- Lớp đáy áo đường (bề dày các lớp tính bằng cm).



Hình 6.13. *Kết cấu áo đường cấp cao thứ yếu.*

1 ÷ 7- Ký hiệu như ở hình 6.12; 8- Lớp tráng nhựa (bề dày các lớp là cm)



Hình 6. 14: Kết cấu áo đường cấp quá độ và cấp thấp.
1- Cấp phối đá dăm; 2- Cấp phối tốt nhất; 3- Đá, đất gia cố chất liên kết vô cơ;
4- Đất cải thiện hạt đầm nén chặt; 5- Gạch vỡ, xỉ lò cao, đá yếu hoặc sỏi cuội;
6- Lớp hao mòn có đất dính; 7- Lớp bảo vệ.

6.3. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ ÁO ĐƯỜNG MỀM (XÁC ĐỊNH BỀ DÀY)

6.3.1. Nội dung tính toán cường độ áo đường mềm

Nội dung vấn đề tính toán cường độ áo đường mềm có thể tóm tắt như sau: Với một kết cấu áo đường mềm, nếu biết yêu cầu về tải trọng tác dụng (biết yêu cầu về cường độ và phổ tải trọng) và biết cấu tạo tầng, lớp áo đường mềm thì bằng cách nào tính ra được bề dày của mỗi tầng, lớp, trong kết cấu đó để khi chịu tải toàn kết cấu không bị phá hỏng nói chung và mỗi tầng, lớp đều không bị phá hỏng nói riêng. Như vậy, về mặt cơ học, đây là bài toán cường độ của hệ nhiều lớp bán không gian và muốn giải quyết được nó rõ ràng ta phải biết: Tính chất của tải trọng xe chạy tác dụng, đặc tính chịu tải (hay cơ chế làm việc dưới tác dụng xe chạy) của nền đất và vật liệu làm các lớp áo đường cũng như phải biết được mối quan hệ giữa cường độ và các trạng thái, các hình thức phá hoại của kết cấu áo đường, để định ra yêu cầu về cường độ.

1) Tải trọng tác dụng lên mặt đường và ảnh hưởng của tải trọng lên nền đất và các lớp vật liệu

a) Tải trọng tác dụng lên mặt đường lớn hay nhỏ phụ thuộc vào trọng lượng của trục sau ô tô. Các xe tải nói chung thường có trọng lượng trục sau chiếm 3/4 trọng lượng toàn bộ của xe.

Tải trọng một bánh phải chịu sẽ thông qua khối hơi ép ở trong săm truyền ra khỏi lốp rồi mới truyền đến mặt đường. Vì vậy kích thước và độ cứng của lốp cũng là nhân tố quan trọng trong quyết định vệt tiếp xúc của bánh xe với mặt đường. Vệt tiếp xúc này trên thực tế đo được là hình êlip (hình 6.15).

Để tiện tính toán áp lực bánh xe lên mặt đường và tiện mô phỏng thực nghiệm đo ép cường độ áo đường, người ta xem tiếp xúc đó gần đúng là một hình tròn có diện tích bằng

diện tích thực tế (đã trừ các khe hở do các kẽ hình khía ở ngoài mặt lốp) của hình elip tiếp xúc. Đường kính của vòng tròn gần đúng này thường ký hiệu là D đối với trường hợp một bánh đôi có 2 vệt tiếp xúc đổi về một vòng tròn (hình 6.15) hoặc ký hiệu là d đối với trường hợp mỗi vệt tiếp xúc quy đổi về một vòng tròn nhỏ (một bánh đôi đổi về 2 vòng tròn nhỏ đường kính d thường có khoảng cách giữa chúng là $\frac{1}{2}$d như ở hình 6.15.

Tải trọng của xe có thể là bánh đơn hoặc bánh kép. Cả hai đều được quy về một tiết diện hình tròn đường kính D và áp suất p cho diện tích tính toán.

Vì độ cứng của lốp nên áp lực truyền xuống mặt đường p (kg/cm^2) thực tế sẽ khác áp lực hơi ở trong săm p_o (càng cứng thì diện tích tiếp xúc càng bé); do đó :

Hình 6.15. Vệt tiếp xúc của bánh xe với mặt đường.

$$p = \alpha p_o \qquad (6.1)$$

α là hệ số kể đến độ cứng của lốp.

Như vậy cũng có thể tính được D (cm): Vì p có thể xác định được bằng cách chia tải trọng bánh sau P (kg) của ô tô cho diện tích tiếp xúc thực tế đã đo được, còn p_0 cũng đo trực tiếp được, do đó xác định được α; thông thường α = 0,9 ÷ 1,3; khi tính toán dùng α = 1,1.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}} \approx 1,08\sqrt{\frac{P}{p}} \qquad (6.2)$$

Trong đó: P được tính bằng 1/2 tải trọng trục. Trị số p và D của các loại xe hay dùng ở Việt Nam có thể tra tìm ở tiêu chuẩn 22 TCN 211-1993.

Tải trọng tính toán tiêu chuẩn (22 TCN 211-1993)

Loại đường	Tải trọng trục tiêu chuẩn (trục đơn) (daN)	Áp lực tính toán tiêu chuẩn lên mặt đường p (daN/cm^2)	Đường kính vệt bánh xe tiêu chuẩn D (cm)
- Đường ô tô công cộng	10 000	6,0	33
- Đường trục chính đô thị	12 000	6,0	36
- Đường phố và đường ít quan trọng trong đô thị	9 500	5,5	33

Áp lực truyền lên mặt đường của các loại xe tải thông thường từ 4÷6 (kG/cm^2), tuy nhiên trị số D của chúng thì thay đổi nhiều tùy thuộc tải trọng xe. Cần chú ý rằng trị số D có ảnh hưởng lớn đến cường độ kết cấu mặt đường vì nếu D càng lớn thì áp lực bánh xe truyền xuống càng sâu, do đó các tầng phía dưới cũng như nền đất trong kết cấu áo đường sẽ phải tham gia chịu lực nhiều.

Tải trọng xe chạy trên mặt đường sinh ra lực thẳng đứng và ngang, trong đó lực ngang chỉ ảnh hưởng đến riêng cường độ của tầng mặt và tắt rất nhanh theo chiều sâu, do đó hiện nay tính toán cường độ chung của kết cấu áo đường chỉ tính với tác dụng của lực thẳng đứng truyền xuống sâu; còn chỉ xét đến tác dụng của lực ngang khi tính toán cường độ và độ ổn định của tầng mặt.

b) Tải trọng xe chạy tác dụng lên mặt đường có đặc điểm là một lực tác dụng động, đột ngột tức thời và trùng phục nhiều lần. Khi xe chạy thì thời gian tác dụng của tải trọng trên vệt bánh rất ngắn (với tốc độ 50 km/h thì chỉ là 0,02 ÷ 0,05s). Do tác dụng của tải trọng phân bố của mặt đường nên thời gian tác dụng trên nền đất mỗi lần xe chạy qua có dài hơn (khoảng 0,1 ÷ 0,2s); trong thời gian tác dụng đó trị số tải trọng lại thay đổi: tăng từ 0 đến p rồi lại giảm từ p đến 0. Sự thay đổi trị số này được đặc trưng bằng tốc độ thay đổi tác dụng (hay thay đổi ứng suất), ví dụ với nền đất tốc độ này khoảng là (1 ÷ 20kG/cm^2) trong 1 giây, thêm vào đó khi xe chạy trên đường không bằng phẳng lại sinh hiện tượng xung kích, bánh xe nảy lên khỏi mặt đường khiến cho trị số tải trọng tác dụng cũng thay đổi từ 0 (khi xe nảy lên) cho đến gấp 2 và lớn hơn (khi bánh xe rơi xuống) cùng với tác dụng xung kích.

Như vậy kể cả ảnh hưởng động, áp lực lớn nhất lên mặt đường có thể tới 6 ÷ 7 kG/cm^2. Quá trình tác dụng như vậy trên mặt đường cứ lặp đi lặp lại nhiều lần (bánh xe của trục trước và trục sau tác dụng chỉ cách nhau 3÷4 sec) với các xe nặng nhẹ khác nhau và với tần suất tác dụng không đều (lúc thì liên tục tác dụng lúc thì gián đoạn lâu). Tải trọng xe chạy tác dụng với các đặc điểm kể trên có ảnh hưởng rất lớn đến sự làm việc của đất nền và các lớp áo đường (là những vật liệu có tính đàn hồi dẻo, nhớt) cụ thể là ảnh hưởng đến trị số biến dạng và khả năng chống biến dạng của chúng.

Quá trình tác dụng của tải trọng như trên lặp đi lặp lại nhiều lần với các loại xe tải trọng nặng nhẹ khác nhau làm nảy sinh hai đặc tính :

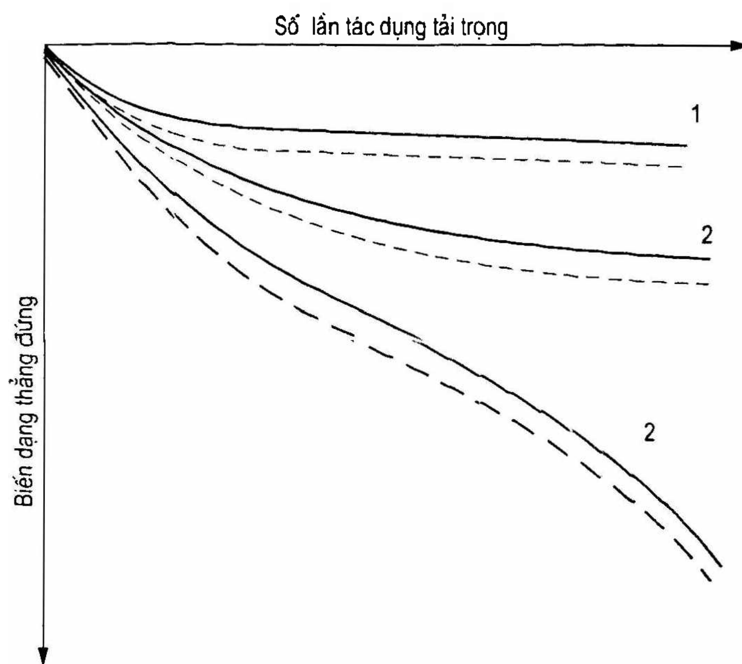
- Đặc tính lưu biến của nền đất: Dưới tác dụng của tải trọng có trị số không đổi mà biến dạng của nền đất (hoặc vật liệu khác) tăng theo thời gian, hiện tượng đó gọi là lưu biến. Như vậy biến dạng xuất hiện khi tải trọng tác dụng có hai dạng: biến dạng tức thì và biến dạng lưu biến.

- Đặc tính trùng phục của tải trọng: Sau mỗi lần tải trọng tác dụng đột ngột, liên tiếp có tính chất chu kỳ thì đất (và các vật liệu có tính dẻo) phần biến dạng không hồi phục

lại mà sinh ra tích lũy biến dạng. Qua kết quả thí nghiệm cho thấy biến dạng tích lũy phát sinh do tải trọng trùng phục lớn hơn biến dạng do một lần tác dụng của tải trọng tĩnh sinh ra trong cùng một thời gian (hình 6.16).

Tải trọng tác dụng càng lâu thì cường độ của đất càng nhỏ đi tương đối. Đây chính là cơ sở ngày nay các nước đi tới tính toán cường độ áo đường mềm với các thông số tính toán theo tác dụng của tải trọng động (thời gian tác dụng ngắn) và theo tác dụng của tải trọng tĩnh (thời gian tác dụng lâu) là khác nhau.

Dưới tác dụng của tải trọng động, vật liệu đàn hồi nhớt, chưa kịp biến dạng đầy đủ đã phục hồi. Dưới tác dụng của tải trọng tĩnh, vật liệu đàn hồi nhớt, biến dạng sẽ nhiều. Vì vậy ở những chỗ đỗ xe, ngã giao nhau, mặt đường cần được tăng cường. Tại các trạm thu phí giao thông nên làm mặt đường bê tông xi măng.

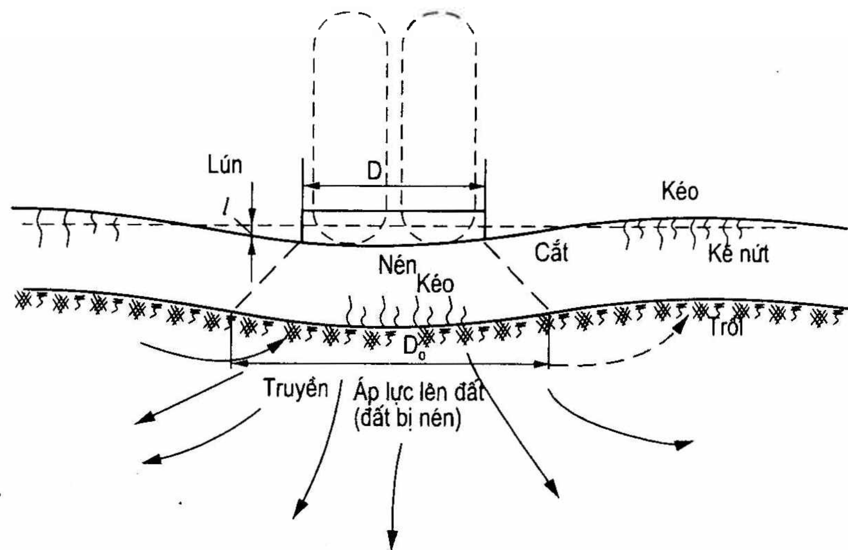


Hình 6.16: Quy luật biến dạng của vật liệu hoặc đất nền khi chịu tải trọng trùng phục

2) Hiện tượng phá hoại kết cấu áo đường mềm và nguyên lý tính toán cường độ của nó

1. Dưới tác dụng của tải trọng xe chạy, khi đạt đến cường độ giới hạn, trong kết cấu áo đường mềm sẽ xảy ra các hiện tượng mô tả ở hình 6.17.

Ta thấy, ngay dưới mặt tiếp xúc của bánh xe mặt đường và đất nền bị nén, xung quanh chỗ tiếp xúc sẽ phát sinh trượt dẻo (do ứng suất cắt) và trên mặt đường sẽ phát sinh ra các đường nứt hướng tâm bao tròn, xa hơn một chút vật liệu thường bị đẩy trồi lên, mặt đường có thể bị gẫy vỡ và phần đáy của mặt đường sẽ bị nứt do kéo. Ở trạng thái giới hạn như vậy về cường độ thì đương nhiên mặt đường sẽ biến dạng và trở nên kém bằng phẳng.



Hình 6.17. Các hiện tượng phá hoại áo đường mềm ở trạng thái giới hạn dưới tác dụng của tải trọng xe chạy.

Như vậy, về mặt tính toán cường độ cần phải bảo đảm các hiện tượng phá hoại nói trên không được phép xảy ra trong suốt thời kỳ tính toán quy định, đồng thời phải bảo đảm không xảy ra tích luỹ biến dạng dư (tức là không được phát sinh biến dạng dẻo) dưới tác dụng của xe chạy trong quá trình khai thác đường; cụ thể là khi tính toán cần phải bảo đảm được các điều kiện sau :

- Ứng suất cắt ở mọi điểm trong nền đất dưới áo đường và trong các lớp áo đường do tải trọng xe chạy tính toán gây ra tại các vị trí đó không vượt quá số ứng suất cắt giới hạn của đất hoặc vật liệu. Nếu điều kiện này bảo đảm thì trong toàn bộ kết cấu áo đường không phát sinh biến dạng dẻo và kết cấu áo đường chủ yếu sẽ làm việc ở giai đoạn đàn hồi. Điều kiện này đối với nền đất dưới áo đường có thể biểu diễn bằng quan hệ sau :

$$K_{tr} \le \frac{\tau_{cp}}{\tau} \qquad (6.3)$$

Trong đó :

τ_{cp} - sức chống trượt cho phép của lớp vật liệu không kết dính (kG/cm^2);

τ - ứng suất cắt do tác dụng của tải trọng tính toán (động và trùng phục) gây ra (kG/cm^2);

K_{tr} - hệ số cường độ về trượt trong kết cấu; hệ số này quy định càng lớn thì độ bền vững và tin cậy về cường độ theo tiêu chuẩn của áo đường càng cao.

Ở đây sở dĩ xét tới nền đất trước vì nền đất dưới áo đường thường có τ_{cp} nhỏ nhất. Đối với các lớp vật liệu áo đường điều kiện (6.3) không kết dính cũng phải kiểm tra.

- Ứng suất kéo - uốn lớn nhất phát sinh ở đáy áo đường hoặc ở đáy các lớp vật liệu có kết dính do tải trọng xe chạy tính toán gây ra σ_{ku} không vượt quá trị số ứng suất kéo - uốn giới hạn cho phép R_{ku} của vật liệu tại các vị trí đó:

$$K_{ku} = \frac{R_{ku}}{\sigma_{ku}} \qquad (6.4)$$

Trong đó: K_{ku} - hệ số cường độ về trạng thái giới hạn chịu kéo khi uốn được quy định tuỳ theo độ bền vững và độ tin cậy cần thiết.

- Độ võng đàn hồi (biến dạng thẳng đứng) của cả kết cấu áo đường dưới tác dụng của tải trọng xe chạy tính toán (động và trùng phục) l_{dh} không được vượt quá độ lún đàn hồi giới hạn cho phép l_{gh}:

$$K_{dv} \le \frac{l_{gh}}{l_{dh}} \qquad (6.5)$$

Trong đó: K_{dv} - hệ số cường độ của cả kết cấu áo đường về tiêu chuẩn giới hạn độ lún (cũng được quy định tuỳ theo độ bền vững và tin cậy cần thiết), ta có thể viết điều kiện (6.5) thành :

$$K_{dv} \le \frac{E_{ch}}{E_{yc}} \qquad (6.6)$$

Trong đó : E_{ch} - mô đun đàn hồi chung của cả kết cấu áo đường tương ứng với độ võng l_{gh} ; E_{yc} - mô đun đàn hồi yêu cầu của cả kết cấu áo đường để khi chịu tải trọng xe chạy tác dụng cả kết cấu sẽ chỉ phát sinh độ võng bằng độ võng đàn hồi giới hạn cho phép l_{gh}.

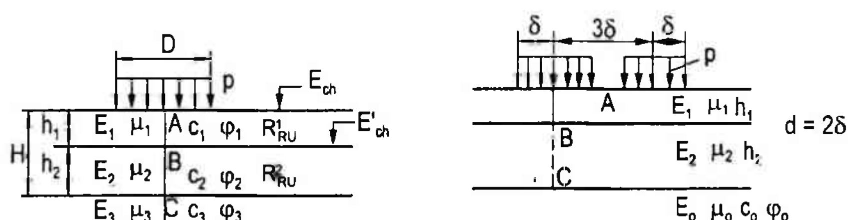
Như vậy là 3 điều kiện (6.3) (6.4) và (6.5), trở thành 3 trạng thái giới hạn mà kết cấu áo đường cùng cần đạt được để chịu đựng được tải trọng và cường độ xe chạy tính toán và bảo đảm được các yêu cầu sử dụng trong quá trình khai thác. Đối với mặt đường cấp thấp chỉ cần kiểm tra điều kiện (6.5).

2. Dựa theo 3 trạng thái nói trên, để xây dựng phương pháp tính toán cường độ áo đường mềm, người ta còn phải tìm cách tính được các ứng xuất T, σ_{ku} và độ lún l_{gh} do tải trọng và cường độ xe chạy tính toán gây ra ở mọi điểm (hoặc ở điểm bất lợi nhất) trong kết cấu áo đường, đồng thời phải xác định được các tiêu chuẩn giới hạn T_{cp}, R_{ku}, và E_{yc}.

Khi xây dựng phương pháp tính ứng suất và biến dạng, hiện nay thường xem kết cấu áo đường (các lớp vật liệu và nền đất) là làm việc trong giai đoạn có quan hệ bậc nhất (tuyến tính) giữa ứng suất và biến dạng. Ngoài ra những nghiên cứu đã tiến hành ở

nhiều nước cũng chứng tỏ rằng: áo đường mềm làm việc dưới tác dụng của tải trọng tức thời tác dụng ngắn trong giai đoạn biến dạng phục hồi có thể xem như hệ biến dạng tuyến tính.

Việc xem kết cấu áo đường là hệ biến dạng tuyến tính đã cho phép sử dụng các lời giải của lý thuyết đàn hồi để tính ứng suất và biến dạng ở mọi điểm trong hệ kết cấu bán không gian nhiều lớp chịu tải trọng đối xứng trục (là tải trọng bánh xe tính toán p phân bố đều trên vệt bánh xe có đường kính D hoặc có vệt quy đổi về hai vòng tròn nhỏ đường kính d (như ở hình 6.15) theo sơ đồ như ở hình 6.18. Hiện nay thế giới đã có kết quả lời giải lập thành toán đồ tiện dùng cho hệ hai lớp (1 lớp áo đường và nền đất), hệ 3 lớp (2 lớp áo đường và nền đất). Với kết cấu áo đường nhiều lớp hơn 3 hiện nay áp dụng các biện pháp đơn giản hơn khi tính toán cường độ chung, đó là biện pháp đổi hệ nhiều lớp về hệ 3 lớp trên cơ sở biến dạng (hoặc ứng suất).



***Hình 6.18** : Sơ đồ tính toán cường độ kết cấu áo đường mềm*
(A, B, C là các điểm tính ứng suất và biến dạng để kiểm tra)
E- modun đàn hồi (động hoặc tĩnh), μ - hệ số Poisson; c, φ - lực dính và góc ma sát trong của vật liệu hoặc đất ; (từ c, φ sẽ xác định được τ_{cp} ; R_{ku} - cường độ chịu kéo khi uốn của vật liệu).

6.3.2. Tính toán cường độ áo đường mềm theo tiêu chuẩn độ lún đàn hồi

1) Nguyên lý tính toán ở đây chính là điều kiện (6.6) và việc tính trị số E_{ch} có thể dựa vào kết quả tính toán biến dạng đàn hồi của cả kết cấu (tại điểm giữa của vệt bánh xe ngay trên bề mặt áo đường) theo lời giải chính xác của lý thuyết đàn hồi đối với hệ bán không gian đàn hồi 2 lớp và 3 lớp với giả thiết không xảy ra sự dịch chuyển tương hỗ giữa các lớp tại mặt tiếp xúc của các lớp đó. Đối với hệ 2 lớp kết quả lời giải chính xác có thể lập thành toán đồ như hình 6.9 (toán đồ Kôgan).

Trên hình 6.19, ta dễ dàng tìm được E_{ch} theo quan hệ sau :

$$\frac{E_{ch}}{E_1} = f\left(\frac{h}{D}, \frac{E_o}{E_1}\right) \tag{6.7}$$

Trong đó: h - bề dầy lớp áo đường có mô đun đàn hồi E_1;

D - đường kính tương đương của vệt bánh xe ;

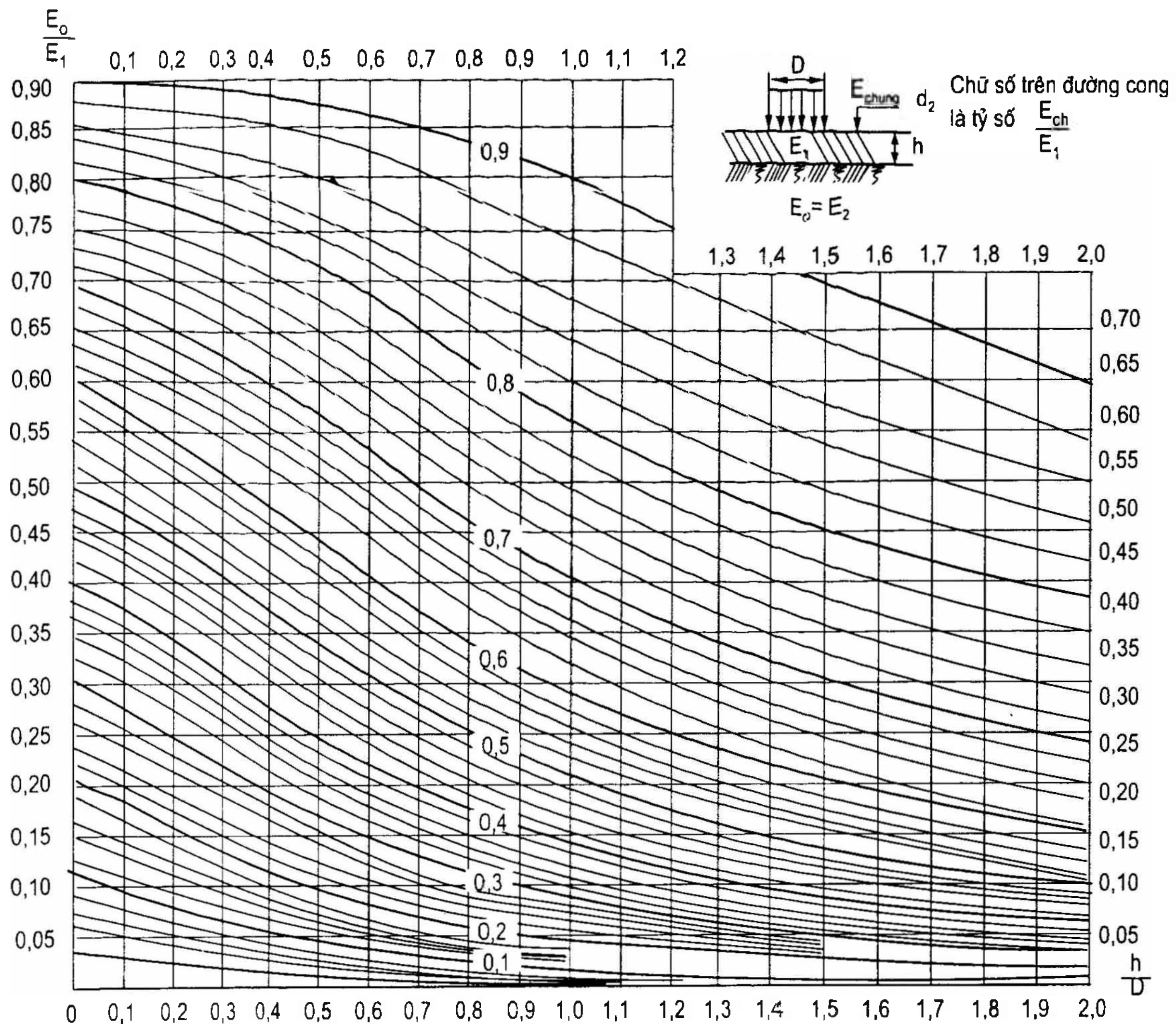
E_o - mô đun đàn hồi của nền đất.

(Số ghi trên các đường cong là tỷ số $\frac{E_{ch}}{E_1}$). Toán đồ lập với trị số $\mu_1 = 0{,}25$ và $\mu_2 = 0{,}35$ là trị số trung bình của hệ số Poisson đối với vật liệu và đất làm việc trong giai đoạn biến dạng hồi phục.

Đối với hệ 3 lớp như hình 6.18 thì theo kết quả lời giải chính xác có thể tính được độ lún đàn hồi l_{dh} của cả kết cấu theo công thức sau:

$$l_{dh} = \frac{pD}{E_3}.\xi\bar{l}_{dh} \qquad (6.8)$$

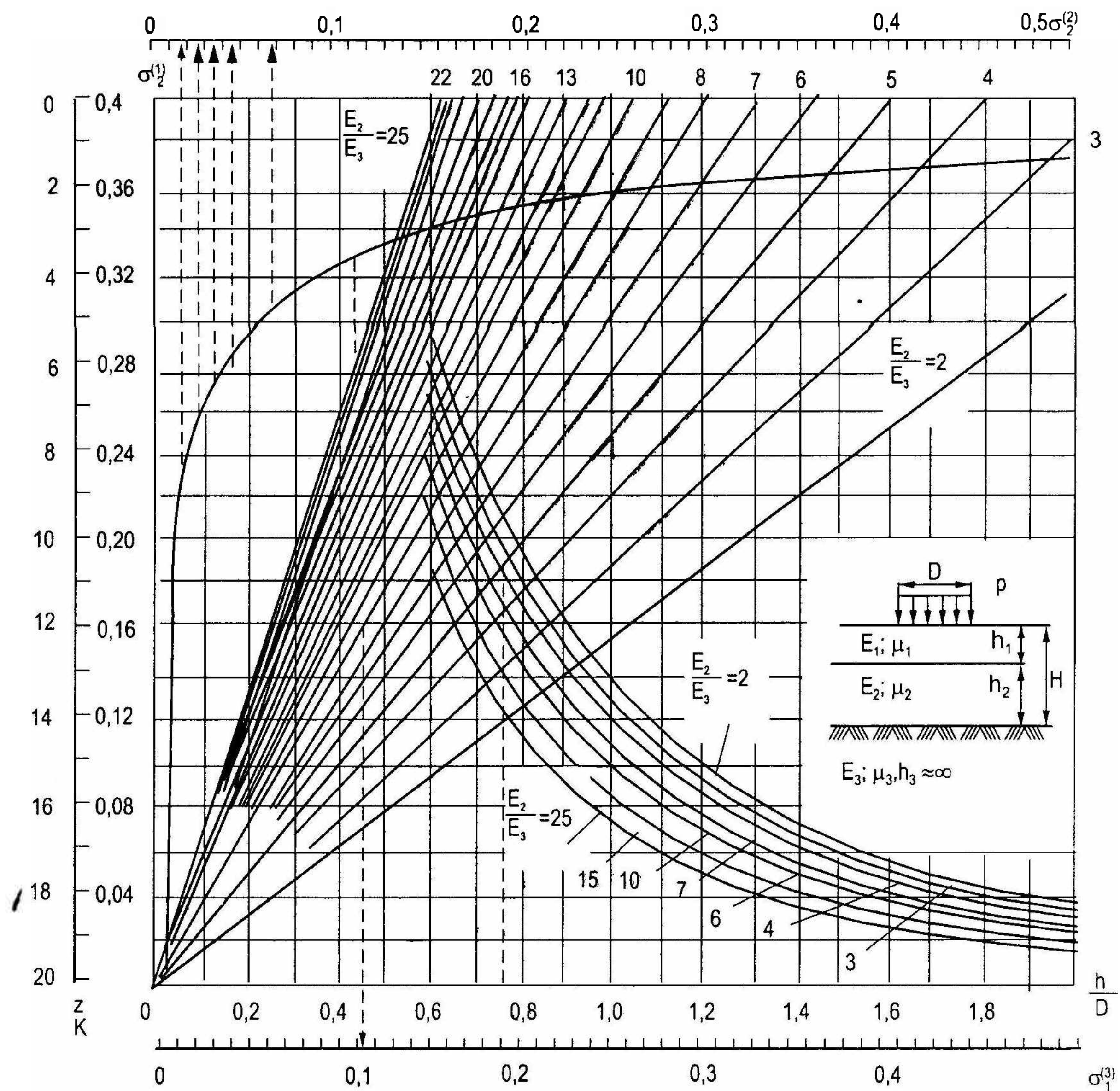
Trong đó : $\xi = f\left(\frac{E_1}{E_2}, \frac{h_1}{H}\right)$ được tra theo bảng 6.11 và trị số độ lún đàn hồi trung bình $\bar{l}_{dh}$ được tra theo toán đồ hình 6.20. Tất cả các ký hiệu E_1, E_2, E_3, h_1, H, p, D có ý nghĩa như ở hình 6.18.



Hình 6.19: *Toán đồ để tính E_{ch} của hệ 2 lớp*

Bảng 6.11. Bảng tra trị số ξ

$\frac{E_1}{E_2}$	Trị số ξ		
	$\gamma = h_1/h$		
	0,3	0,5	0,7
2	1,00	1,00	1,00
5	1,07	1,00	0,93
10	1,15	1,00	0,85
15	1,15	1,00	0,85
25	1,25	1,00	0,78



Hình 6.20: *Toán đồ xác định độ võng đàn hồi trên mặt của kết cấu 3 lớp dưới tác dụng của tải trọng bánh xe.*

Trên thực tế để đơn giản tính toán người ta thường tìm cách đổi hệ 3 lớp về hệ 2 lớp để khi tính E_{ch} vẫn có thể chỉ áp dụng toán đồ hình 6.19 (hệ 2 lớp của Kogan). Cơ sở đổi hệ 3 lớp về hệ 2 lớp là: Độ võng đàn hồi l_{dh} tính theo phương pháp đổi hệ để dùng toán đồ hình 6.19 phải ít sai khác nhất so với trị số độ võng đàn hồi trực tiếp theo kết quả lời giải chính xác của hệ 3 lớp (toán đồ hình 6.20). Việc đổi hệ như vậy còn rất cần thiết để mở rộng áp dụng cho việc tính toán E_{ch} cho hệ nhiều lớp hơn nữa (hệ 4 lớp, hệ 5 lớp) mà những kết cấu đó là những kết cấu áo đường mềm phổ biến trên thực tế hiện nay nhưng chưa có các cách thuận tiện để áp dụng các kết quả giải chính xác 4 lớp, 5 lớp...

Sau khi tính được E_{ch} của cả kết cấu áo đường, ta có thể biết áo đường là đủ cường độ nếu đáp ứng điều kiện (6.6), tức là :

$$E_{ch} \geq K_{dv}.E_{yc} \qquad (6.9)$$

K_{dv} - hệ số cường độ về độ võng; trong quy trình 22TCN 211-93 xem K_{dv} = 1,0 và xét gộp K_{dv} với E_{yc} để quy định E_{yc} tuỳ theo cấp tầng mặt áo đường (xem bảng 6.12). Còn trị số mô đun đàn hồi yêu cầu E_{yc}, phụ thuộc vào độ võng đàn hồi giới hạn cho phép l_{gh} theo hệ sau:

$$E_{yc} = \frac{pD(1-\mu^2)}{l_{gh}} \qquad (6.10)$$

Trong đó :

p và D - áp lực và đường kính vệt bánh xe tính toán truyền xuống mặt đường;

μ - hệ số Poisson, đối với kết cấu áo đường thường dùng $\mu = 0,30$;

l_{gh} - độ võng đàn hồi giới hạn cho phép được xác định tuỳ thuộc vào khả năng biến dạng cho phép của tầng mặt áo đường và tuỳ thuộc vào lưu lượng xe tính toán trong một ngày đêm (xe/ngày đêm), tức là xét đến tác dụng trùng phục của tải trọng xe chạy.

Như vậy trị số E_{yc} phụ thuộc vào tầng mặt áo đường, tải trọng xe chạy tính toán và lưu lượng xe chạy, trên thực tế nó được xác định thông qua điều tra, quan trắc thực nghiệm và tích lũy kinh nghiệm sử dụng, khai thác đường.

Theo quy trình tính toán áo đường mềm 22TCN 211-93 (là quy trình hiện ở ta đang sử dụng) thì trị số môđun đàn hồi yêu cầu được xét gộp cả hệ số cường độ trong đó (trị số K_{dv}, R_{yc}) và được quy định như bảng 6.12.

Bảng 6.12. Trị số modun đàn hồi yêu cầu

(Đã xét cả hệ số K_{dv}) (theo 22TCN 211-93)

Tải trọng tính toán và loại mặt đường	Trị số $K_{dv} \times E_{yc}$ (kG/cm^2) tuỳ theo lưu lượng trục xe tính toán (trục xe/ngày đêm)								
	10	20	50	100	200	500	1000	2000	3000
Tải trọng trục 10 tấn									
Mặt đường cao cấp cao A1	1150	1330	1470	1600	1780	1920	2070	2340	-
Mặt đường cao cấp thứ yếu A2	760	910	1100	1220	1350	1530	-	-	-
Mặt đường cấp thấp B_1 (cấp quá độ)	510	640	820	940	-	-	-	-	-
Tải trọng trục 12 tấn									
Mặt đường cao cấp cao A1	1150	1270	1460	1610	1730	1900	2040	2180	2350
Mặt đường cao cấp thứ yếu A2	900	1030	1200	1330	1460	1630	-	-	-
Mặt đường cấp thấp B_1 (cấp quá độ)	670	790	980	1100	-	-	-	-	-
Tải trọng trục 9,5 tấn									
Mặt đường cao cấp cao A1	980	1100	1270	1410	1530	1710	1850	1980	2170
Mặt đường cao cấp thứ yếu A2	720	850	1040	1150	1280	1460	-	-	-
Mặt đường cấp thấp B_1 (cấp quá độ)	480	600	770	920	1050	-	-	-	-

2) Tính toán đối với kết cấu

Hiện nay người ta cho phép dùng cách đổi hai lớp 1 từ dưới lên để tính toán E_{ch} của kết cấu hệ nhiều lớp (hơn 2 lớp). Ví dụ với hệ 3 lớp như ở hình 6.18 thì để tính toán E'_{ch} trước hết người ta tính E'_{tb} là môđun đàn hồi chung của hệ 2 lớp phía trên nền đất (gồm lớp mỏng áo đường có bề dày h_2, môđun E_2 và lớp áo có bề dày h_1, môđun E_1), sau đó xem E'_{tb} là môđun đàn hồi trung bình của phần bán không gian phía trên nền đất để cùng với nền đất gộp thành một hệ 2 lớp mới, từ đó lại áp dụng toán đồ hình 6.19 để tính ra E_{ch}. Với hệ nhiều lớp hơn nữa thì tiếp tục tính E''_{tb}, E'''_{tb} ... và cuối cùng là E_{ch} của cả kết cấu.

Cách làm này do GS Đặng Hữu đề nghị. Sẽ tiện lợi và đơn giản hơn nếu áp dụng làm bài toán ngược để tính bề dày lớp áo đường cần thiết khi biết $E_{ch} = K_{dv} \times E_{yc}$.

Trị số mô đun đàn hồi trung bình E_{tb} xác định theo công thức (6.11a):

$$E_{tb} = E_2 \left[\frac{1 + K.t^{1/3}}{1 + K} \right]^3 \quad (6.11a)$$

Với: $K = \frac{h_1}{h_2}$; $t = \frac{E_1}{E_2}$ (ký hiệu như ở hình 6.18).

Như vậy lớp mới quy đổi có chiều dày $H = h_1 + h_2$ với môđun đàn hồi E_{tb}.

Coi lớp H là lớp dưới và tiếp tục quy đổi nó cùng với các lớp trên để được các giá trị $E_{tb}^{'}$, $E_{tb}^{''}$ ...

Sau khi có được giá trị E_{tb} cuối cùng, cần nhân thêm E_{tb} với một hệ số điều chỉnh β được xác định theo bảng tính sẵn 6.13:

$$E_{tb}^{dc} = \beta.E_{tb} \quad (6.11b)$$

Bảng 6.13. Hệ số điều chỉnh β

Tỉ số $\frac{H}{D}$	0,50	0,75	1,00	1,25	1,5	1,75	2,00
Hệ số β	1,0330	1,0692	1,1074	1,1350	1,1777	1,1978	1,2099

Phương pháp đổi hệ 3 lớp về hệ 2 lớp nói trên là phương pháp hiện được sử dụng chính thức ở quy trình thiết kế áo đường mềm của nước ta (22TCN 211-93).

Để đảm bảo kết cấu áo đường mềm đủ bền vững trong thời kỳ tính toán, trong quy trình 22TCN 211-93 còn quy định trị số môđun đàn hồi yêu cầu tối thiểu tuỳ thuộc cấp hạng đường và loại đường như bảng 6.14 nghĩa là nếu tính toán E_{yc} theo lưu lượng xe tính toán nhỏ hơn trị số ở bảng 6.14 thì phải dùng trị số ở bảng 6.14 để thiết kế.

Đối với hệ nhiều lớp (hơn 3 lớp) thì vì hiện chưa có cách giải chính xác tiện dụng nên bắt buộc phải đổi tầng về hệ 2 lớp hoặc hệ 3 lớp để tính toán cường độ áo đường mềm.

Bảng 6.14. Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu tối thiểu (theo 22 TCN 211-1993)

Cấp, loại đường (cấp hạng theo TCVN 4054-98)	Trị số môđun đàn hồi yêu cầu (kG/cm^2) đối với áo đường		
	Cấp cao A_1	Cấp cao thứ yếu A_2	Cấp thấp B_1
Đường ô tô			
Cấp I	1780	-	-
Cấp II	1570	1280	-
Cấp III	1400	1150	-
Cấp IV	1270	980	720
Cấp V	-	770	550
Cấp VI	không quy định	không quy định	không quy định
Đường đô thị			
Đường cao tốc và trục chính toàn thành	1910	-	-
Đường chính khu vực	1530	1270	-
Đường khu nhà ở	1190	940	680
Đường công nghiệp và kho tàng	1530	1270	1020
Đường xe đạp, ngõ	980	720	470

- Có thể đổi 2 lớp một từ dưới lên (như trên đã nói);

- Quy trình 22TCN 211-93 quy định áp dụng (6.11) theo trình tự sau: đổi hai lớp một từ dưới lên thành một lớp có trị số E_{tb}; cụ thể: hai lớp dưới cùng đổi thành 1 lớp có trị số E_{tb}^1; lớp E_{tb}^1 và lớp trên đổi thành lớp E_{tb}^2 ... cho đến khi tất cả các lớp áo đường được đổi thành một lớp áo đường. Chú ý rằng trong quá trình đổi như vậy chỉ áp dụng công thức (6.11) và không có hệ số điều chỉnh β. Sau khi chỉ còn lại 1 lớp áo đường trị số E_{tb} cuối cùng tính được mới nhân thêm hệ số β (đó là vì trị số β được điều chỉnh tuỳ theo bề dầy tổng cộng của cả áo đường $\frac{D}{H}$, do đó chỉ điều chỉnh 1 lần).

Bảng 6.15. Các chỉ tiêu chính của tải trọng tính toán tiêu chuẩn (theo 22TCN 211-1993)

Loại đường	Tải trọng tĩnh tiêu chuẩn trên 1 trục (kG)	Áp lực tính toán tiêu chuẩn p(kG/cm^2)	Đường kính vệt bánh xe tiêu chuẩn D(cm)
Đường ô tô công cộng	10.000	6	33
Đường trục chính đô thị	12.000	6	36
Đường phố và đường ít quan trọng ở đô thị	9.500	5,5	33

Các loại tải trọng tính toán ở bảng 6.12 có các chỉ tiêu chủ yếu như bảng 6.15.

Việc quyết định chọn tải trọng tính toán thật ra cũng là một vấn đề kinh tế kỹ thuật và rõ ràng tải trọng tính toán ảnh hưởng nhiều đến trị số E_{yc}.

Lưu lượng trục xe tính toán là số trục xe (đã quy đổi ra tải trọng tính toán) trong tương lai sẽ chạy trên một làn xe nặng nhất, chịu đựng lớn nhất trong một ngày đêm vào thời kỳ bất lợi nhất. Tương lai là lưu lượng xe dự đoán sẽ xuất hiện ở cuối thời hạn sử dụng cho đến khi phải đại tu áo đường. Thời hạn này được 22TCN 211-93 quy định là 15 năm với mặt đường cấp cao A_1; 10 năm với mặt đường cấp cao thứ yếu A_2 và 5 năm với mặt đường cấp quá độ.

Việc quy đổi các trục xe khác có trong dòng xe thực tế chạy trên đường ra xe tính toán (có tải trọng trục bằng tải trọng xe tính toán như ở bảng 6.15) được tiến hành bằng cách: nhân số lượng ô tô hai cầu có tải trọng trục sau khác nhau với những hệ số tương ứng xác định theo bảng 6.16. Với loại xe 3 cầu thì xem như là 2 ô tô có tải trọng tương ứng trên mỗi trục sau để quy đổi. Các loại xe con không cần xét đến khi tính toán.

Bảng 6.16. Hệ số quy đổi xe ra xe tính toán (theo 22TCN 211-1993)

Loại tải trọng tiêu chuẩn	Trị số hệ số quy đổi a_i khi tải trọng trục của xe cần đổi là (tấn)							
	4	6	7	8	9,5	10	11,0	12
Trục 10 tấn	0,02	0,10	0,36	0,43	0,68	1,0	-	-
Trục 12 tấn	0,01	0,05	0,18	0,22	0,35	0,5	0,8	1,0
Trục 9,5 tấn	0,03	0,15	0,55	0,65	1,00	-	-	-

3) Để tính toán được cường độ (bề dầy) áo đường mềm theo tiêu chuẩn độ lún giới hạn, ta còn cần xác định được trị số mô đun đàn hồi tính toán của đất nền đường và vật liệu làm các lớp áo đường. Phương pháp xác định các chỉ tiêu này trình bày ở phần 6.3.5.

4) Trình tự tính toán thiết kế bề dày áo dường mềm theo tiêu chuẩn độ lún giới hạn có thể tóm tắt như sau :

- Xác định lưu lượng xe tính toán tương ứng với năm tính toán phụ thuộc loại mặt đường.

- Từ lưu lượng xe tính toán trên một làn xe xác định trị số E_{yc} theo bảng 6.12 và bảng 6.14.

- Dự kiến cấu tạo các lớp áo đường theo những nguyên tắc trình bày 6.2.4, trong đó bề dày lớp trên cùng nên dự kiến gần như nhỏ nhất trong phạm vi có thể được (để rẻ nhất), ngoài ra có thể dự kiến bề dày các lớp khác hoặc tỷ số bề dày giữa các lớp.

- Áp dụng cách đổi tầng đã nói ở trên để đưa hệ nhiều lớp về hệ 2 lớp (hoặc hệ 3 lớp) từ đó áp dụng toán đồ hình 6.19 để tính ra E_{ch} của cả kết cấu.

- So sánh E_{ch} và E_{yc} nếu xấp xỉ là được.

Riêng trường hợp chưa biết bề dày một lớp nào đó (các lớp khác trong kết cấu áo đường đều đã dự kiến được bề dày) thì có thể áp dụng cách đổi tầng 2 lớp một từ trên xuống và từ dưới lên để theo toán đồ hình 6.19 tính ra được bề dày đó. Ví dụ trường hợp hình 6.18 nếu đã biết h_1 và chưa biết h_2 thì có thể dùng toán đồ hình 6.19 tính ra được trị số mô đun đàn hồi yêu cầu ở trên bề mặt tầng móng E'_{ch}; biết E'_{ch}, E_2, E_3 lại có thể dùng toán đồ đó tính ra h_2.

6.3.3. Tính toán cường độ áo đường mềm theo điều kiện cân bằng giới hạn trượt trong nền đất và các lớp vật liệu kém dính kết

Nguyên lý tính toán ở đây chính là điều kiện (6.3), tức là không cho phép xuất hiện biến dạng dẻo trong nền đất dưới áo đường hoặc trong bất cứ các lớp kém dính kết nào của áo đường.

Điều kiện (6.3) đã được giáo sư A.M Krivitski (Liên Xô cũ) diễn giải như sau:

Ta biết điều kiện cân bằng giới hạn tại một điểm trong nền đất dưới áo đường hoặc trong các lớp kết cấu áo đường được biểu thị bằng hệ suy từ vòng tròn ứng suất Mohr (đối với bài toán phẳng) là :

$$\frac{1}{2\cos\varphi}[(\sigma_1-\sigma_3)-(\sigma_1+\sigma_3)\sin\varphi]=C \qquad (6.12)$$

Trong bài toán không gian để đạt tới trạng thái cân bằng giới hạn hoàn toàn về trượt thì còn cần phải thoả mãn điều kiện:

$$\frac{1}{2\cos\varphi}[(\sigma_1-\sigma_2)-(\sigma_1+\sigma_2)\sin\varphi]=C \qquad (6.13)$$

hoặc:

$$\frac{1}{2\cos\varphi}[(\sigma_2-\sigma_3)-(\sigma_2+\sigma_3)\sin\varphi]=C \qquad (6.14)$$

Trong đó: σ_1, σ_2, σ_3 là ứng suất chính tại điểm đang xét; C và φ là lực dính và góc ma sát trong của đất hoặc vật liệu. Chú ý rằng, đồng thời cùng xảy ra điều kiện (6.12) và (6.13) tức là phải có $\sigma_2 = \sigma_3$ và đồng thời xảy ra điều kiện (6.12) và (6.14) tức là có $\sigma_2 = \sigma_1$. Giáo sư A.M Krivitski gọi là phần bên trái của (6.12) là ứng suất cắt hoạt động τ_a. Trị số τ_a ở mỗi điểm trong nền đất hoặc vật liệu lớn hay nhỏ sẽ phụ thuộc vào trạng thái ứng suất tại đó và có thể có trị số ứng suất cắt hoạt động lớn nhất $\tau_{a\,max}$ trong chúng. Trạng thái cân bằng giới hạn sẽ không xảy ra và biến dạng dẻo sẽ không xuất hiện nếu có điều kiện sau:

$$\tau_{a\,max} \le C \qquad (6.15)$$

Điều kiện (6.15) nếu nhân thêm hệ số cường độ K_{tr} vào vế trái thì hoàn toàn sẽ tương đương với điều kiện (6.3). Trị số ứng suất cắt hoạt động lớn nhất của nền đất và các lớp dưới $\tau_{a\,max}$ sẽ gồm 2 thành phần: một do tải trọng của bánh xe tính toán tác dụng gây ra và một do khối lượng bản thân của các lớp trên nó gây ra, nghĩa là:

$$\tau_{a\,max} = \tau_{am} + \tau_{ab} \qquad (6.16)$$

Trong đó:

τ_{am} - ứng suất cắt hoạt động lớn nhất do tải trọng bánh xe tính toán gây ra;

τ_{ab} - ứng suất cắt hoạt động do khối lượng bản thân của các lớp trên gây ra.

Xác định trước được vị trí điểm xuất hiện τ_{am} là một thuận lợi vì không phải tiến hành một khối lượng tính toán lớn để mò tìm trị số này và do đó sẽ có :

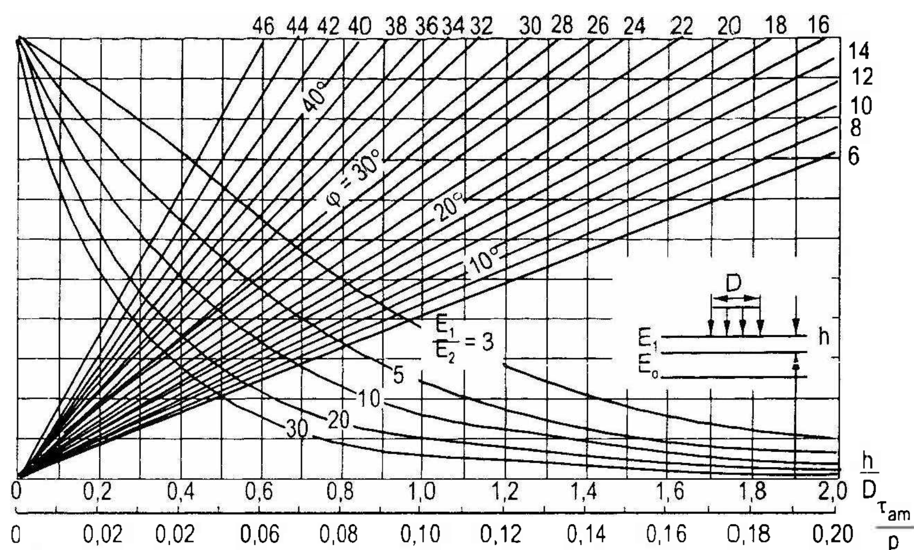
$$\frac{\tau_{am}}{p}=f\left(\varphi,\frac{h}{D},\frac{E_1}{E_2}\right) \qquad (6.17)$$

Với $\frac{\tau_{am}}{p}$ - ứng suất cắt hoạt động lớn nhất đơn vị (p là tải trọng tác dụng của bánh xe tính toán, kG/cm^2).

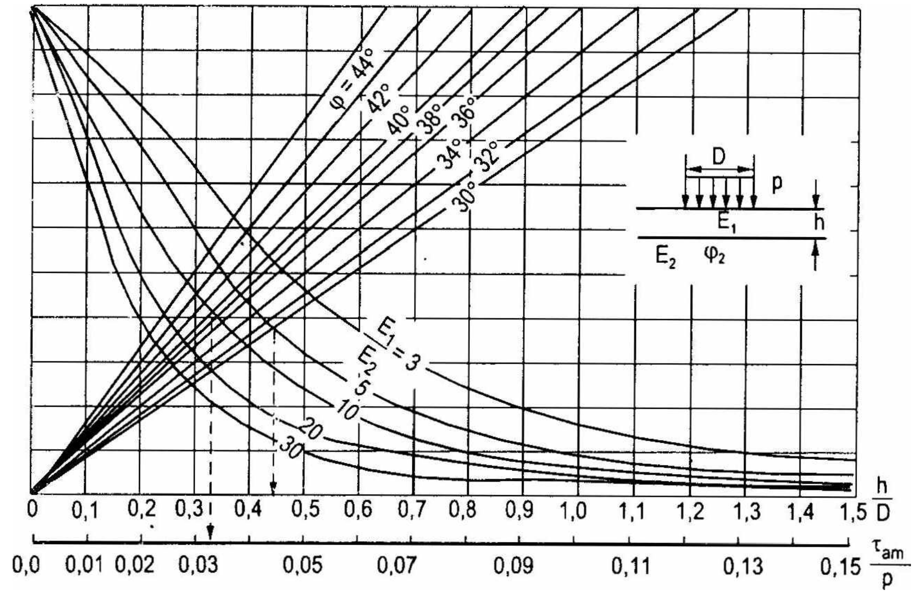
E_1 và E_2 - mô đun đàn hồi của lớp áo đường phía trên và của nền đất phía dưới, φ và $\frac{h}{D}$ có ý nghĩa như trên đã nói.

Trị số $\frac{\tau_{am}}{p}$ ở (6.17) tính được theo kết quả giải chính xác 2 lớp được lập thành toán đồ như hình 6.21a, 6.21b và 6.22; riêng toán đồ hình 6.22 chỉ áp dụng cho việc tính $\frac{\tau_{am}}{p}$ phát sinh trong lớp mặt bê tông nhựa (vì áp dụng với lớp mặt trên cùng nên ảnh hưởng của lực ma sát là không đáng kể, do vậy trên toán đồ không có ảnh hưởng của φ).

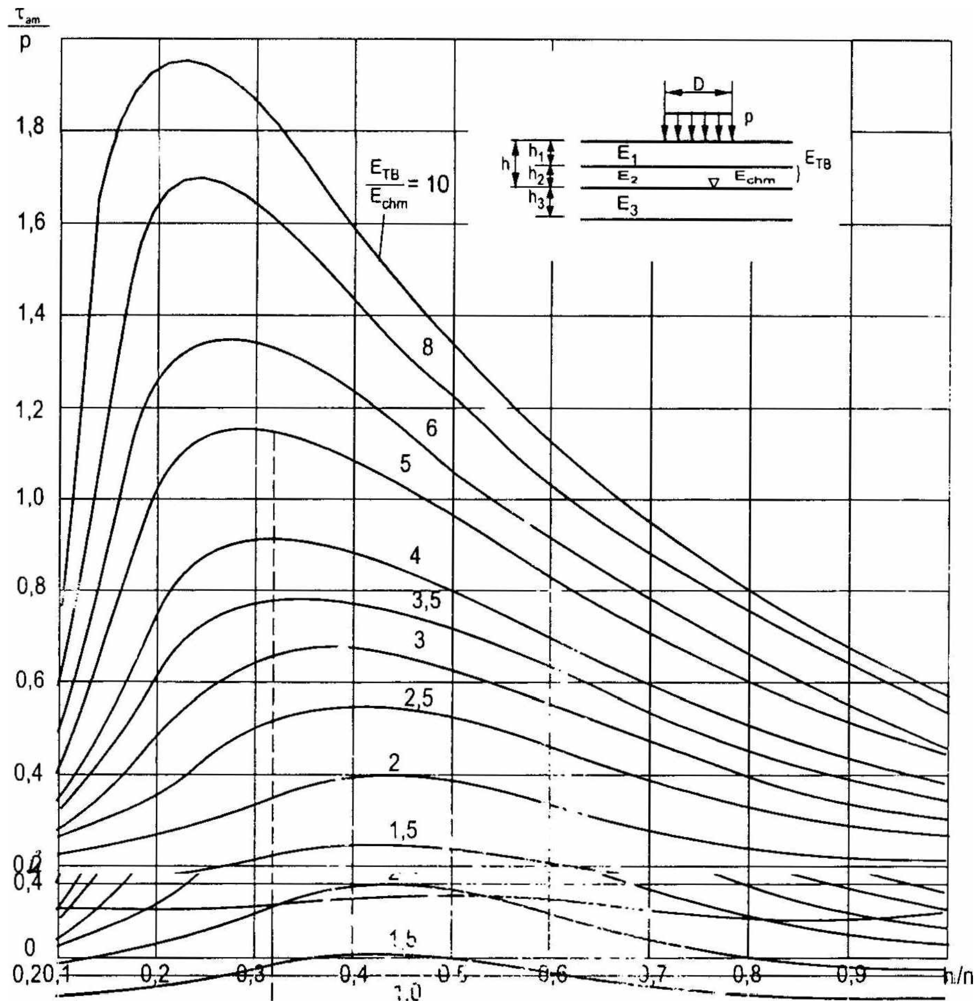
Trong các trường hợp trên nếu nền bằng đất có tính dính (á sét, á cát) thì xem là giữa áo đường và nền đất có dính kết tốt và phải áp dụng toán đồ hình 6.21a; nếu nền bằng đất kém dính (cát v.v...) thì phải dùng toán đồ hình 6.21b. Trường hợp có dính kết tốt là bất lợi hơn (trị số $\frac{\tau_{am}}{p}$ lớn hơn nên các điều kiện khác như nhau) vì lúc này ứng suất do tải trọng bánh xe truyền xuống nền đất sét lớn hơn (đất nền tham gia chịu lực nhiều hơn). Ứng suất trong các kết cấu thực tế thường có trị số trung gian giữa 2 trường hợp giới hạn nói trên.



Hình 6.21a. *Toán đồ để xác định trị số $\frac{\tau_{am}}{p}$ do tải trọng bánh xe gây ra ở lớp dưới của hệ 2 lớp khi tính toán theo kết quả giải chính xac với giả thiết 2 lớp trên và dưới cùng chuyển vị đồng thời tại mặt tiếp xúc (có dính kết tốt giữa 2 lớp)*



Hình 6.21b. *Như hình 6.21a nhưng tính toán với giả thiết 2 lớp trên và dưới chuyển vị tự do (nghĩa là không có dính kết giữa 2 lớp)*



Hình 6.22. *Toán đồ xác định ứng suất cắt hoạt động lớn nhất đơn vị trong lớp mặt bê tông nhựa.*

Trị số τ_{ab} tại mặt nền đất (hoặc mặt lớp dưới) trên trục tác dụng của tải trọng (là nơi xuất hiện τ_{am}) cũng được tính theo vế trái của (6.12) trong đó thay $\sigma_1 = \gamma h$ và $\sigma_3 = \frac{\mu_2}{1-\mu_2}\gamma h$ với h bề dày lớp trên (hoặc áo đường), γ là trọng lượng trên một đơn vị thể tích trung bình của vật liệu lớp trên (hoặc áo đường) và $\mu_2 = 0{,}35$ là hệ số Poisson của nền đất; ($\frac{\mu_2}{1-\mu_2}$ chính là hệ số áp lực ngang của nền đất hoặc vật liệu lớp dưới). Như vậy sẽ có:

$$\tau_{ab} = \frac{\gamma h}{2\cos\varphi}[1 - \frac{\mu_2}{1-\mu_2} - (1 + \frac{\mu_2}{1-\mu_2})\sin\varphi] \qquad (6.18)$$

Dựa theo (6.18) cũng lập được toán đồ để xác định τ_{ab} như hình (6.23).

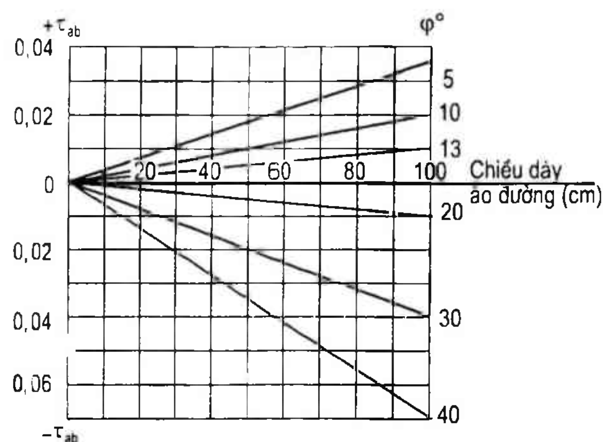
Khi vận dụng vào tính toán cường độ (bề dày) áo đường mềm, để xét tới các ảnh hưởng khác, quy trình 22TCN 211-93 đưa thêm vào (6.15) các hệ số và (6.15) trở thành:

$$\tau_{a\max} \le C.\frac{K_1 K_2}{K_{tr}.m.n} = C.K' \qquad (6.19)$$

Trong đó : C - lực dính của đất móng áo đường (hoặc vật liệu lớp dưới cần kiểm tra điều kiện không phát sinh biến dạng dẻo) ở thời kỳ tính toán (kG/cm^2) và K' được xem là 1 hệ số tổng hợp.

Các hệ số K_{tr}, K_1, K_2, m, n để xét đến các ảnh hưởng sau :

- Hệ số K_{tr} là hệ số cường độ để xét đến độ bền vững và dự trữ cường độ được quy trình 22TCN 211-93 quy định như sau: với mặt đường cấp cao A_1 và cấp cao thứ yếu A_2 cũng như với áo đường có sử dụng vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ không cho phép phát sinh biến dạng dư: $K_{tr} = 1{,}0$; với mặt đường cấp thấp B_1: $K_{tr} = 0{,}95 \div 0{,}75$ (khi cường độ xe chạy < 100 xe/ngày đêm trên một làn).



Hình 6.23: *Toán đồ để xác định trị số ứng suất cắt hoạt động do khối lượng bản thân của lớp trên gây ra đối với lớp dưới (số ghi ở đầu các đường thẳng là trị số góc ma sát φ°).*

- n là hệ số xét đến sự quá tải do xe chạy gây ra và quy định n = 1,15;

- m là hệ số xét đến điều kiện tiếp xúc của các lớp kết cấu; khi nền đất dưới áo đường là đất dính (tính τ_{am} theo hình 6.21a) thì lấy m = 0,65; nếu là đất kém dính (tính theo toán đồ hình 6.21b) thì lấy m = 1,15.

- Hệ số K_1 xét đến sự giảm sức chống cắt của đất dưới tác dụng của tải trọng trùng phục và tác dụng chấn động do xe chạy gây ra; K_1 = 0,60.

- Hệ số K_2 xét đến điều kiện làm việc không đồng nhất của kết cấu do chất lượng thi công không đồng nhất, do các yếu tố thiên nhiên và các yếu tố bất lợi khác; các yếu tố bất lợi này càng biểu hiện nhiều khi lưu lượng xe chạy càng lớn và được lấy như sau: Khi lưu lượng xe tính toán trên 1 làn xe < 100 xe/ngày đêm thì K_2 = 1; < 1000 xe/ngày đêm thì K_2= 0,8; < 5000 xe/ngày đêm thì K_2 = 0,65 và nếu >5000 xe/ngày đêm thì K_2 = 0,60.

Trong một số quy trình người ta thường đặt :

$$K = \frac{K_1}{n.m} \qquad (6.24)$$

và lấy K = 0,80 với trường hợp đất có tính dính và K = 0,45 với trường hợp đất kém dính.

- Trường hợp kiểm tra điều kiện ổn định trượt của lớp mặt bê tông nhựa thì thường quy định hệ số tổng hợp K' và lực dính C của bê tông nhựa ở nhiệt độ 50°C như sau (22TCN 211-93):

Lớp bê tông nhựa bằng hỗn hợp hạt lớn K' = 1,6; C = 3,0 - 2,7kG/cm^2

Lớp bê tông nhựa bằng hỗn hợp hạt nhỏ K' = 1,1; C = 2,0 - 1,7kG/cm^2

Lớp bê tông nhựa cát K' = 0,8; C = 1,5 - 1,3kG/cm^2

Trình tự tính toán cường độ áo đường mềm theo điều kiện cân bằng giới hạn về trượt (6.19) cụ thể là:

- Dự kiến cấu tạo các lớp áo đường (bề dày và trị số mô đun đàn hồi tính toán của các lớp theo loại vật liệu cấu tạo) như ở mục 6.2.4.

- Đổi hệ nhiều lớp về hệ 2 lớp như sơ đồ trên toán đồ các hình 6.21a, 6.21b và 6.22 sao cho sau khi đổi, bề dày lớp trên là bề dày toàn bộ áo đường (nếu kiểm tra điều kiện trượt ở dưới nền đất) hoặc là tổng bề dày các lớp trên (nếu kiểm tra ở một lớp nào đó kể cả lớp mặt bê tông nhựa). Trị số mô đun đàn hồi tính toán của các lớp trên được quy đổi thành trị số mô đun đàn hồi trung bình với bề dày của các lớp:

$$E_{tb} = \frac{E_1.h_1 + E_2.h_2 + E_3.h_3 + ...}{h_1 + h_2 + h_3 + ...} \qquad (6.25)$$

Nếu kiểm tra ở lớp móng áo đường thì lớp móng và nền đất được quy đổi thành một lớp bán không gian ở phía dưới theo toán đồ Kogan (ở hình 6.19).

- Sau khi đưa về hệ 2 lớp, sẽ tính toán được τ_{am} và τ_{ab} theo toán đồ hình 6.21a (hoặc hình 6.21b) và hình 6.23. Riêng trường hợp kiểm tra điều kiện ổn định trượt của lớp mặt bê tông nhựa thì không tính τ_{ab} vì lớp này nằm ở trên cùng của áo đường (xem như $\tau_{ab} = 0$). Nếu $\tau_{am} + \tau_{ab}$ thoả mãn điều kiện (6.19) là được. Nếu cường độ chống trượt không đủ thì cần tăng thêm bề dày áo đường (một số lớp nào đó) và tính lại có thoả mãn (6.19). Nếu cường độ chống trượt quá thừa thì giảm bề dày hoặc dùng vật liệu có mô đun đàn hồi thấp hơn.

6.3.4. Tính toán cường độ áo đường mềm theo điều kiện chịu kéo khi uốn

Nguyên lý tính toán kiểm tra cường độ các lớp áo đường theo điều kiện chịu kéo khi uốn chính là điều kiện (6.4) để đảm bảo ứng suất sinh ra khi áo đường bị võng dưới tác dụng của tải trọng không được phá hoại cấu trúc vật liệu và dẫn đến phát sinh vết nứt:

$$K_{ku}.\sigma_{ku} \leq R_{ku} \qquad (6.25')$$

K_{ku} là hệ số cường độ khi chịu kéo uốn, theo quy trình 22TCN 211-93 hiện hành thì có thể lấy K_{ku}=1,0

Trên các toán đồ ta tìm được ứng suất kéo uốn đơn vị $\bar{\sigma}_{ku}$ tuỳ thuộc bề dày và trị số mô đun đàn hồi của các lớp vật liệu trong kết cấu áo đường, từ đó có thể tìm được σ_{ku} theo công thức sau :

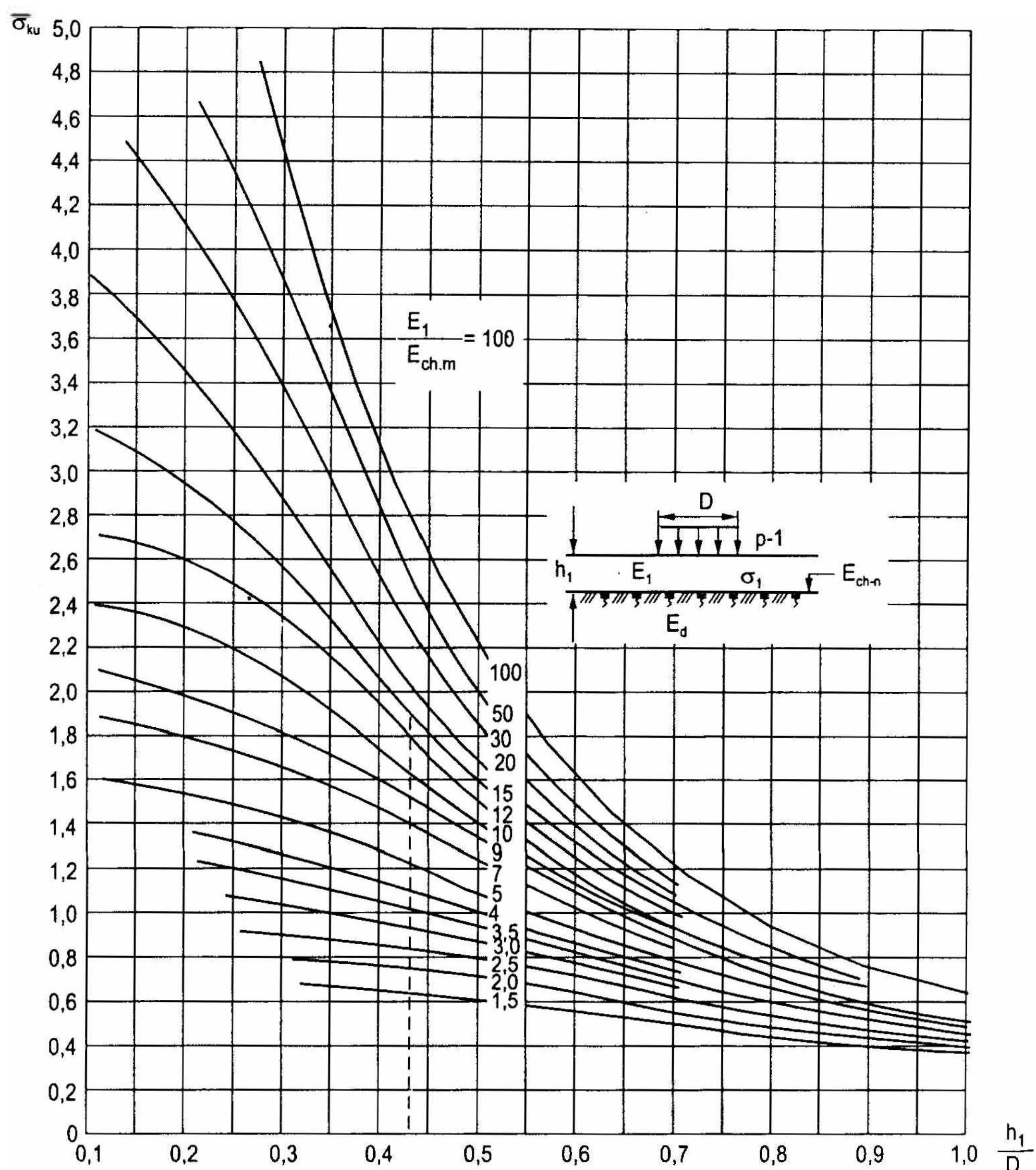
$$\sigma_{ku} = 1,15.p\,.\bar{\sigma}_{ku} \qquad (6.26)$$

Trong đó: p - tải trọng bánh xe tính toán (kG/cm^2) phân bố trên vệt bánh xe đường kính D; còn 1,15 là hệ số xét đến tác dụng động và xung kích khi xe chạy trên đường.

Trị số ứng suất kéo lớn nhất đơn vị trong lớp đang xét $\bar{\sigma}_{ku}$ được xác định nhờ kết quả giải chính xác hệ hai lớp và ba lớp theo lý thuyết đàn hồi; các kết quả đó được lập thành toán đồ ở hình 6.24 và hình 6.25.

Trường hợp hình 6.24 là lập với trường hợp giữa tầng mặt và tầng móng không tiếp xúc, dính bám tốt (trường hợp bất lợi nhất về phát sinh ứng suất kéo - uốn ở đáy lớp trên).

Còn toán đồ hình 6.25 là lập với trường hợp các lớp có tiếp xúc, dính bám tốt (cùng dịch chuyển trên mặt tiếp xúc) tức là trường hợp bất lợi nhất về phát sinh ứng suất kéo uốn ở các lớp nằm giữa.



Hình 6.24: *Toán đồ xác định ứng suất kéo - uốn đơn vị* $\overline{\sigma}_{ku}$ *của lớp trên bằng vật liệu toàn khối*
($E_{ch.m}$ môđun đàn hồi chung của các lớp, E_d: môđun đàn hồi của đất)

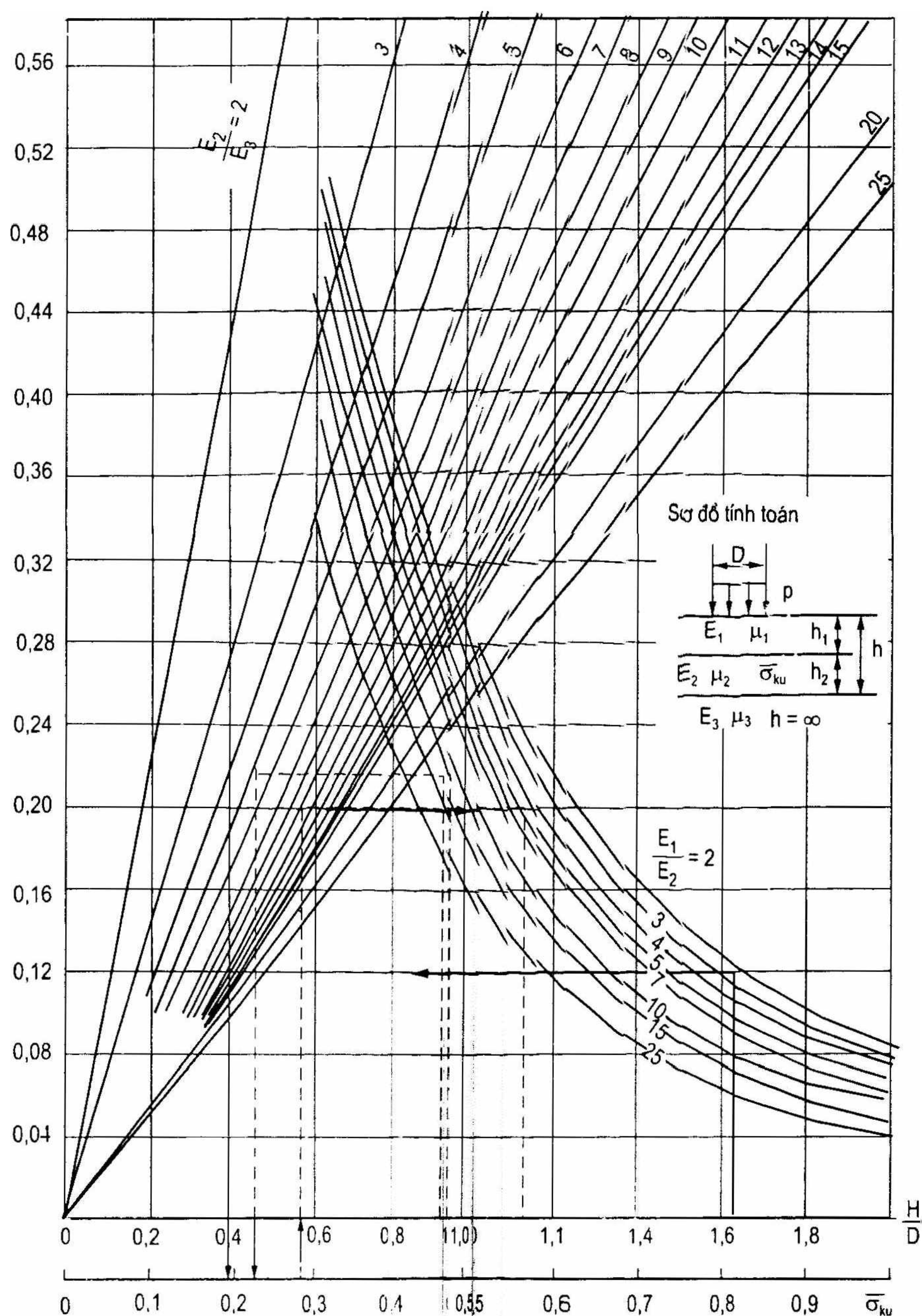
Trình tự tính toán kiểm tra điều kiện kéo uốn của các lớp như sau:

- Đối với các lớp phía dưới lớp mặt cần kiểm tra phải đổi về một bán không gian vô hạn bằng cách đổi hai lớp một từ dưới lên (kể cả nền đất) theo toán đồ Kogan ở hình 6.1) để được trị số $E_{ch.m}$ (tức là đưa hệ nhiều lớp về hệ hai lớp có lớp mặt kiểm tra là lớp trên cùng).

- Tra toán đồ, tính σ_{ku} theo (6.26) và kiểm tra điều kiện (6.25'), nếu không thoả mãn thì cần thay đổi kết cấu tăng độ cứng của các lớp phía dưới (tức là giả thiết tỉ số $\frac{E_1}{E_{ch.m}}$).

Khi kiểm tra các lớp nằm giữa thì cần đổi hai lớp một từ dưới lên và từ trên xuống để đưa hệ nhiều lớp về hệ ba lớp như sơ đồ tính toán vẽ ở góc toán đồ (hình 6.25). Các trình tự khác tiếp tục như trên.

* *Chú ý:* Phải kiểm tra điều kiện kéo uốn của các lớp bê tông nhựa, hỗn hợp đá nhựa và các lớp đất cát hoặc đá có gia cố chất liên kết vô cơ. Riêng đối với lớp thấm nhập nhựa và hỗn hợp dùng nhựa lỏng thì không phải kiểm tra.



Hình 6.25: *Toán đồ để xác định ứng suất kéo - uốn đơn vị của lớp giữa (nằm giữa nền đất và lớp mặt) bằng vật liệu toàn khối*

6.4. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ ÁO ĐƯỜNG CỨNG (Kết cấu áo đường là bê tông xi măng)

Kết cấu áo đường có lớp mặt hoặc lớp móng làm bằng bê tông xi măng đổ tại chỗ hay lắp ghép có thể có bố trí cốt thép hoặc không bố trí cốt thép được gọi là loại áo đường cứng. Áo đường cứng được làm ra từ vật liệu có cường độ cứng cao, đặc tính biến dạng của nó và cường độ thực tế rất ít phụ thuộc vào sự biến đổi của nhiệt độ. Quá trình tính toán dựa trên cơ sở lý thuyết "Tấm trên nền đàn hồi" đồng thời có xét đến các yếu tố tác động khác như sự thay đổi nhiệt độ của vùng.

6.4.1. Sự phá hoại kết cấu áo đường cứng và khả năng làm việc của nó

Do tính chất và điều kiện làm việc của áo đường cứng khác nhiều so với áo đường mềm vì mô đun đàn hồi của bê tông xi măng rất lớn $2,7 \div 3,5 \times 10^4$daN/cm^2. Chính vì môđun đàn hồi lớn nên kết cấu áo đường là lớp bê tông xi măng truyền áp lực của tải trọng xuống lớp nền đất. Như vậy lớp chịu lực chủ yếu là tấm bê tông xi măng còn nền đất tham gia một phần chịu lực và có chức năng cải thiện điều kiện làm việc của lớp bê tông phía trên.

Sự phá hoại kết cấu áo đường bê tông xi măng xảy ra dưới tác dụng của tải trọng (tải trọng xe chạy) tấm bê tông chịu uốn. Nếu tải trọng tăng mà tấm không đủ dày thì tấm sẽ xuất hiện các vết nứt dọc hoặc ngang ở các vị trí giữa tấm, cạnh tấm và góc tấm. Các vết nứt tại góc và cạnh ngày càng phát triển do tải trọng liên tục của xe đi qua, ứng suất kéo uốn càng lớn hơn khi tải trọng bánh xe đặt tại giữa tấm. Do ảnh hưởng của nước ngầm qua khe nứt truyền xuống lớp móng và nền đất làm cường độ kết cấu áo đường bị giảm, đến lúc đó tấm bê tông xi măng bị phá hoại.

Do tác dụng của tải trọng trùng phục (xe chạy) và sự tích luỹ biến dạng dẻo tại góc và cạnh tấm tạo ra sự tiếp xúc không tốt giữa tấm và móng khiến cường độ chịu kéo uốn của tấm giảm đi và tấm bê tông xi măng sẽ bị phá hoại nhanh chóng do tải trọng xe chạy tác dụng.

Ngoài ra lực ngang của bánh xe tác dụng vào mặt đường xảy ra khi xe phanh, tăng tốc, lâu dần làm bong tróc bề mặt cũng là nguyên nhân gây phá hoại kết cấu áo đường.

Sự thay đổi nhiệt độ theo ngày ở Việt Nam làm nhiệt độ bản thân tấm bê tông xi măng tăng hoặc giảm nếu tấm không co, giãn được sẽ phát sinh ứng suất rất lớn. Chính vì vậy người ta thường chia tấm để bố trí các khe co, khe giãn và giảm lực ma sát giữa đáy tấm và mặt móng bằng cách rải lớp giấy dầu quét bitum hoặc bố trí một lớp cát trộn nhựa. Nếu không giải quyết như vậy tấm không co giãn tự do được sẽ phát sinh ứng suất kéo lớn ở đáy tấm và tấm có thể bị phá hoại do uốn dọc. Mặt khác do sự chênh lệch nhiệt độ mặt trên và mặt dưới tấm bê tông xi măng dễ gây ra cho tấm có khả năng bị uốn võng. Tình trạng này khắc phục bằng cách làm khe uốn vồng để hạn chế sự phá hoại do

tác dụng nhiệt độ thay đổi của ban ngày và ban đêm ở khu vực điều kiện chênh lệch nhiệt độ. Ngoài ra còn kể đến hiện tượng tấm bê tông xi măng bị phá hoại do chất lượng và công nghệ thi công (sự co ngót bê tông, sự bốc hơi nước trong bê tông khi thi công chưa kịp bảo dưỡng, kỹ thuật thi công kém...).

Qua phân tích các hiện tượng phá hoại trên ta thấy rõ tấm bê tông xi măng của áo đường cứng làm việc trong điều kiện chịu nén dưới tác dụng của tải trọng xe chạy, dưới tác dụng của sự biến đổi nhiệt độ theo ngày đêm hoặc mùa; đồng thời ảnh hưởng tác dụng của các nguồn ẩm dẫn đến cường độ móng nền tại vị trí khe nối giảm dẫn tới bị phá hoại. Tấm bê tông xi măng bị nứt trong thời hạn quy định tính toán là 20 năm, năng lực chịu tải của kết cấu giảm. Đây chính là trạng thái giới hạn của kết cấu áo đường cứng. Vì vậy tiêu chuẩn tính toán kết cấu áo đường cứng phải đảm bảo điều kiện dưới đây.

a) Tấm bê tông xi măng :

$$\sigma_{ku} \leq k \times R_{ku} \tag{6.27}$$

Trong đó :

σ_{ku} - ứng suất kéo uốn ở bất kỳ điểm nào của tấm bê tông xi măng do tải trọng xe, hoặc do sự thay đổi nhiệt độ, hoặc do cả hai yếu tố đó tác động đồng thời gây ra.

R_{ku} - cường độ giới hạn chịu kéo uốn của bê tông ở thời hạn 28 ngày (kG/cm^2) thí nghiệm ở mẫu 5 × 5 × 60cm.

k - hệ số chiết giảm cường độ do ảnh hưởng các yếu tố khác (chất lượng bê tông không đồng nhất). Theo tiêu chuẩn thiết kế áo đường cứng của Việt Nam 22TCN 223-95 ta có hệ số k (bảng 6.17).

Bảng 6.17. Trị số của hệ số chiết giảm (hoặc dự trữ) cường độ k (theo 22TCN 223-95)

Tổ hợp tải trọng tính toán	Hệ số chiết giảm cường độ (k)	Hệ số an toàn 1/k
Tính với tải trọng thiết kế tiêu chuẩn	0,5	2,0
Kiểm toán với xe nặng	0,59 - 0,83	1,7 - 1,53
Kiểm toán với xe xích	0,65	1,54
Tác dụng đồng thời của hoạt tải và của ứng suất nhiệt	0,85 - 0,90	1,18 - 1,41

Tải trọng tính toán tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn thiết kế 22TCN 223-95 được tổ hợp trong bảng 6.18 như sau:

Bảng 6.18. Tải trọng tính toán tiêu chuẩn và hệ số xung kích

Tải trọng trục tiêu chuẩn (daN)	Tải trọng bánh tiêu chuẩn (daN)	Hệ số xung kích	Tải trọng bánh tính toán (daN)
10.000	5.000	1,2	6.000
12.000	6.000	1,15	6.900
9.500	4.750	1.20	5.700

Sau khi tính toán với tải trọng tiêu chuẩn phải kiểm toán lại với xe nặng nhất chạy trên đường, xe nhiều bánh 80 tấn hoặc với xe xích T60 (khi trên đường có xe xích đi lại). Các chỉ tiêu đó xác định trong bảng 3.2 và 3.3 của tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô TCVN 4054-98.

b) Đối với tầng móng

Theo tiêu chuẩn ngành 22TCN 223-95 thì tầng móng phải thoả mãn điều kiện:

$$\tau_{a\,max} = \tau_{am} + \tau_{ab} \leq K' \times c \qquad (6.28)$$

Đó là tiêu chuẩn trạng thái giới hạn được tính toán trong kết cấu áo đường mềm với ý nghĩa và ký hiệu đã giới thiệu trong công thức (6.18) và (6.19) ở kết cấu áo đường mềm.

Điều kiện (6.28) có ý nghĩa về mặt lý thuyết vì thực tế ứng suất trước (cắt) do tải trọng xe chạy truyền xuống móng rất nhỏ (do lớp bê tông xi măng có độ cứng lớn) như nói ở trên. Nên ta cần quan tâm hơn cả là mặt cấu tạo.

6.4.2. Thiết kế cấu tạo áo đường cứng

Cấu tạo áo đường cứng gồm ba bộ phận: Tầng mặt đường (tấm bê tông xi măng), tầng móng đường (kể cả nền đất dưới đáy lớp móng với chiều dày khoảng 30cm) và kết cấu khe nối của tấm bê tông xi măng.

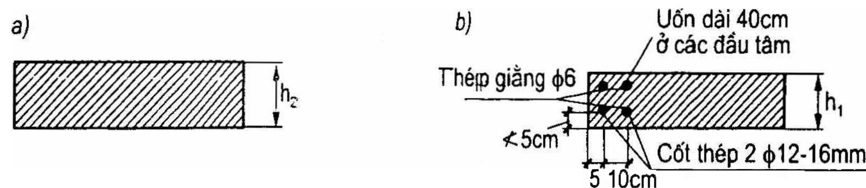
1) Tầng móng: tầng móng nên có chất liên kết, ổn định nước, không tích luỹ biến dạng dẻo, chống được thấm xuống lớp nền đất và có khả năng tiếp xúc tốt với mặt đáy tấm bê tông xi măng. Cấu tạo tấm móng có thể làm bằng bê tông xi măng cường độ thấp với bề dày tối thieu 15cm, bằng đá dăm (đá sỏi) gia cố xi măng hoặc bằng đất, đất cát... gia cố chất liên kết vô cơ. Cường độ chịu nén lớp móng này 30 - 40 kG/cm^2. Trên mặt lớp móng có lớp tạo phẳng bằng giấy dầu trên quét một lớp bitum (giảm ma sát).

Nền đất dưới tầng móng ở chiều sâu 30cm được đầm chặt ở độ chặt K ≥ 0,98.

2) Tấm bê tông xi măng: Bề dầy tấm bê tông xi măng được xác định theo tính toán nhưng không nhỏ hơn 18cm với tải trọng trục 9,5T; 22cm với tải trọng trục 10T và không nhỏ hơn 24cm với tải trọng trục 12T.

Bề dày tấm không bố trí cốt thép được xác định theo tính toán với trường hợp tải trọng xe tác dụng ở cạnh và góc tấm. Nếu tính với tải trọng xe tác dụng ở giữa tấm thì bố trí thêm cốt thép tăng cường ở mép tấm (hình 6.26).

Bề rộng tấm bê tông xi măng thường cấu tạo bằng bề rộng một làn xe (3,5÷3,75m) và không lớn hơn 4,5m.



Hình 6.26: *Cấu tạo mặt cắt ngang tấm bê tông xi măng.*
a) Trường hợp không bố trí cốt thép; b) Trường hợp có bố trí cốt thép.

Bề dài tấm (khoảng cách giữa các khe co). Theo quy trình 22TCN 223-95 chiều dài này là 6m, ở một số đường cao tốc người ta có thể tăng chiều dài tấm lên từ 10÷20m bằng cách bố trí lưới thép ϕ 10mm với số lượng xấp xỉ $8kg/m^2$.

3) Kết cấu khe nối: Khe nối được tạo ra để tấm bê tông dễ dàng biến dạng dưới tác dụng của nhiệt độ. Có các loại khe nối sau :

a) Khe giãn :

Bề rộng được xác định theo công thức :

$$\delta = \alpha \times L\,(T_m - T_{tc}' - T_c) + b \qquad (6.29)$$

Trong đó :

α - hệ số nở dài của bê tông bằng 0,00001;

L - khoảng cách giữa các khe (chiều dài tấm); m;

T_m - nhiệt độ lớn nhất của tấm bê tông khi khai thác so với lúc đổ bê tông (°C);

T_{ct} - nhiệt độ của hỗn hợp bê tông khi thi công (°C);

T_c - nhiệt độ kể đến hiện tượng bê tông bị co rút khi đông cứng T_c = 15°C;

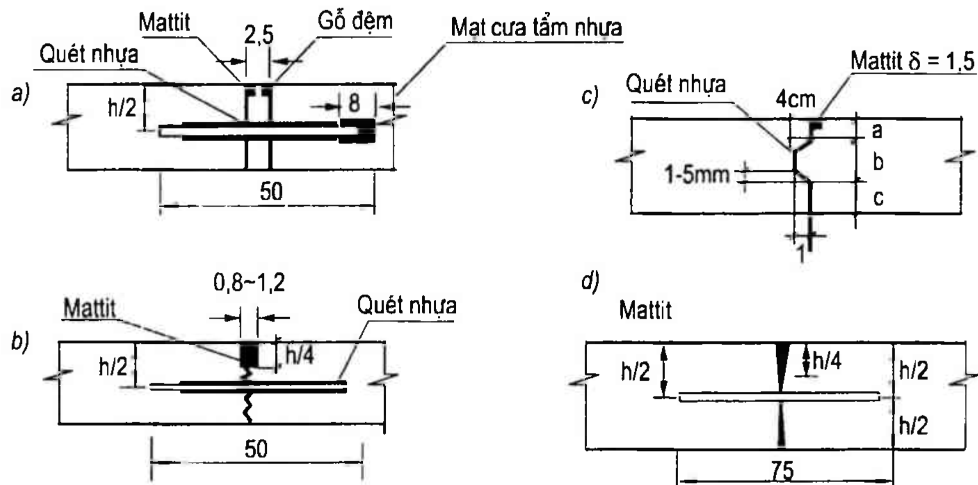
b - chiều dày tấm gỗ đệm chèn khe b = 1,5 ÷ 2cm.

b) Khe co

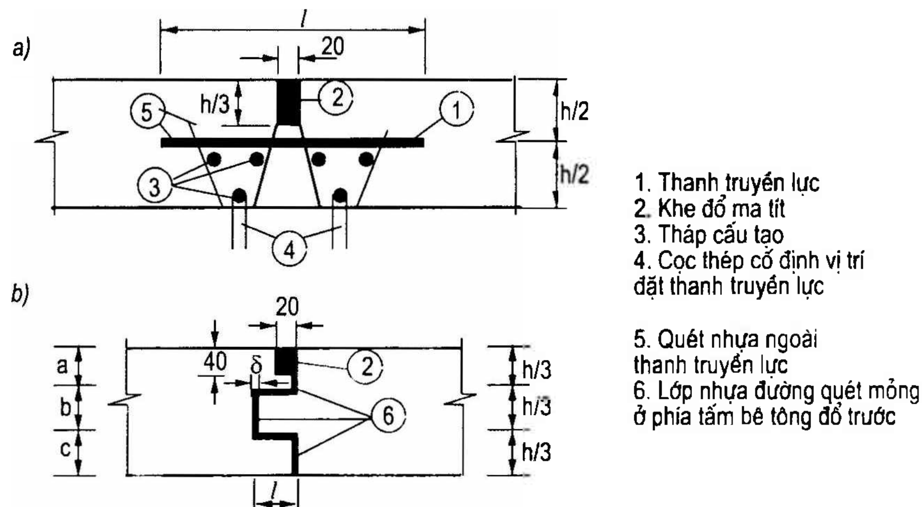
Để đảm bảo cho tấm bê tông khi thay đổi nhiệt độ, trong điều kiện thực tế thì có thể không cần khe co mà chỉ cần bố trí khe giãn hoặc khe thi công. Nếu làm khe co người ta cấu tạo với bề rộng 1,5 ÷ 2cm bằng cách quét nhựa bitum vào các mặt bên của tấm. Phía trên của tấm bê tông khe co có bố trí rãnh để đổ matít nhựa.

Nhìn chung khe co, khe giãn có thể bố trí dạng có thanh truyền lực (*hình 6.27a*) hoặc kiểu ngàm (hình 6.27b).

Trên bề mặt đường các khe của tấm bê tông được chia làm 2 loại: khe ngang và khe dọc. Các khe ngang chia 2 loại: khe giãn và khe co; khe dọc có thể làm theo kiểu thanh truyền lực (hình 6.28a) và có thể làm dạng kết cấu ngàm (hình 6.28b).



Hình 6.27: *Cấu tạo chi tiết khe nối*
a) Khe giãn có thanh truyền lực ; b) Khe dọc kiểu ngàm;
c) Khe co giãn; d) Khe dọc có thanh truyền lực.



Hình 6.28: *Cấu tạo chi tiết khe co, khe giãn.*
a) Khe giãn có thanh truyền lực; b) Khe giãn kết cấu ngàm.

Kích thước và khoảng cách các thanh truyền lực có thể lấy theo bảng 6.19; kích thước ngàm lấy theo bảng 6.20.

Bảng 6.19. Khoảng cách và kích thước thanh truyền lực

Chiều dày tấm bê tông (cm)	Đường kính thanh truyền lực (mm)	Chiều dài thanh truyền lực (cm)	Khoảng cách giữa 2 thanh truyền lực (cm)	
			Trong khe giãn	Trong khe co
Nhỏ hơn 20	20	50	30	65 (100)
22 - 30	25	50	30	65 (100)

Ghi chú : Các số trong ngoặc đơn ứng với trường hợp tấm bê tông đặt trên lớp móng gia cố các chất liên kết vô cơ.

Bảng 6.20. Kích thước của ngàm (xem hình 6.28b)

Chiều dày tấm bê tông	Các kích thước của ngàm (cm)				
	a	b	c	l	δ
18	6	6	6	3,5	1,5
20	7	6	7	4	1,5
22	7,5	7	7	4	1,5
24	8	8	8	4	1,5
26	9	8	9	4,5	1,5
28	9,5	9	9,5	4,5	1,5
30	10	10	10	5	1,5

6.4.3. Nguyên lý tính toán cường độ áo đường bê tông xi măng đổ toàn khối

Nguyên lý tính toán cường độ áo đường cứng được nêu trên cơ sở tính toán theo các điều kiện (6.27) và (6.28). Tấm bê tông xi măng được xác định bề dày dưới tác dụng của tải trọng xe chạy.

a) Tải trọng tính toán

Tải trọng tính toán theo quy trình thiết kế áo đường cứng 22TCN 223-95 là tải trọng tính toán tiêu chuẩn được quy định là trục xe ô tô (trục đơn) có các cấp tải trọng ứng với loại áo đường trong mạng lưới đường chung và khi tính toán tải trọng bánh xe được nhân thêm hệ số xung kích (bảng 6.18).

Sau khi tính toán với tải trọng tiêu chuẩn, phải kiểm toán lại với xe nặng nhất có thể chạy trên đường, kiểm toán với xe nhiều bánh 80 tấn, với xe xích T60 (khi trên đường có thể có xe xích đi lại). Các chỉ tiêu kĩ thuật của xe nhiều bánh lấy theo bảng 6.21.

Bảng 6.21. Một số chỉ tiêu kỹ thuật của xe nhiều bánh

Chỉ tiêu	Đơn vị	Máy kéo 80
Trọng lượng	T	80
Số trục bánh xe	Chiếc	4
Áp lực của mỗi trục xe	T	20
Khoảng cách giữa các trục theo hướng dọc	m	1,2 + 4,0 + 12
Số bánh xe trên mỗi trục bánh	Chiếc	8
Khoảng cách giữa các đôi bánh xe theo hướng ngang	m	3 × 0,09
Kích thước vệt bánh xe (bánh kép)	m	0,5 × 0,2

Các chỉ tiêu kỹ thuật của xe bánh xích T60 lấy theo bảng (6.22).

Bảng 6.22. Các chỉ tiêu kỹ thuật của xe bánh xích T-60

Chỉ tiêu	Đơn vị	T60
Trọng lượng xe xích	T	60
Áp lực bánh xích	T/m	6
Số bánh xích	Chiếc	2
Chiều dài vệt bánh xích	m	5
Chiều rộng bánh xích	m	0,7
Cự ly giữa hai trục bánh xích (theo hướng ngang)	m	2,6

b) Tính toán chiều dày tấm bê tông

Tính toán chiều dày tấm bê tông xi măng dựa vào lý thuyết đàn hồi. Nhiều tác giả nghiên cứu nguyên lý tính toán như Westergrard (theo mô hình nền của Winkler), hoặc Shekter (xác định mômen uốn sinh ra trong tấm bê tông) và I.A. Metnicov... Bài toán tấm trên nền đàn hồi được các tác giả tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên máy vi tính...

Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô TCVN 4054 - 98 tính chiều dày tấm bê tông theo công thức:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha \times P_{tt}}{[\sigma]}} \qquad (6.30)$$

h - chiều dày tấm (cm);

P_{tt} - tải trọng bánh xe tính toán (đã tính với hệ số xung kích) daN/cm^2 (bảng 6.21 và 6.22);

α - hệ số có trị số thay đổi theo vị trí đặt tải trọng và tỷ số $\frac{E}{E^m_{ch}}$ và $\frac{h}{R}$.

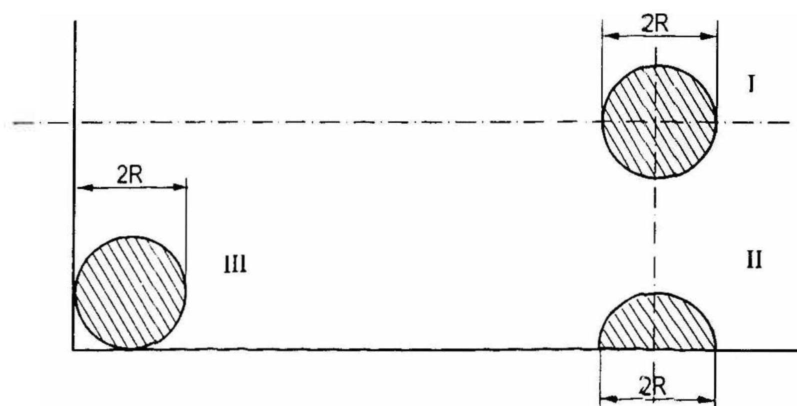
Với: E - môđun đàn hồi của bê tông (daN/cm^2);

$\frac{E}{E_{ch}^{m}}$ - môđun đàn hồi chung trên mặt lớp móng (daN/cm^2);

R - bán kính của diện tích vết bánh xe tính toán (cm);

[σ] - cường độ chịu uốn cho phép của bê tông xi măng (daN/cm^2).

Khi tính toán chiều dày cho trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa tấm, cạnh tấm và góc tấm (hình 6.29) thì dùng các hệ số α_1, α_2, α_3. Trong ba hệ số α_1, α_2, α_3 phải chọn trị số lớn nhất để tính chiều dày h.



Hình 6.29: Vị trí tính toán của bánh xe trên tấm bê tông.
I : Giữa tấm; II : Cạnh tấm; III : Góc tấm.

Các hệ số α_1, α_2, α_3 lấy theo bảng (6.30), (6.31), (6.32)

Bảng 6.30. Hệ số α_1 (tải trọng tác dụng ở giữa tấm)

E/E_{ch}^{m} \ h/R	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
2000	1,74	1,66	1,60	1,53	1,45	1,36	1,23	1,08	0,99
1500	1,67	1,63	1,56	1,50	1,41	1,30	1,17	1,04	0,95
1000	1,62	1,55	1,49	1,41	1,22	1,22	1,11	0,97	0,88
800	1,57	1,51	1,44	1,37	1,28	1,17	1,07	0,93	0,84
600	1,51	1,46	1,39	1,32	1,22	1,13	1,02	0,88	0,80
500	1,47	1,42	1,35	1,26	1,19	1,10	0,99	0,86	0,76
400	1,44	1,38	1,31	1,22	1,15	1,07	0,96	0,82	0,72
300	1,38	1,33	1,26	1,18	1,11	1,02	0,92	0,77	0,68
200	1,31	1,25	1,18	1,12	1,04	0,96	0,85	0,70	0,61
150	1,25	1,19	1,13	1,07	0,98	0,91	0,80	0,65	0,56
100	1,18	1,13	1,08	1,01	0,94	0,84	0,75	0,58	0,50
80	1,14	1,09	1,04	0,97	0,90	0,81	0,69	0,55	0,48

Bảng 6.31. Hệ số α_2 (tải trọng tác dụng ở cạnh tấm)

h/R E/E_{ch}^{m}	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
2000	2,74	2,60	2,49	2,36	2,21	2,05	1,82	1,55	1,39
1500	2,62	2,54	2,42	2,30	2,14	1,95	1,71	1,47	1,32
1000	2,81	2,41	2,39	2,14	2,00	1,80	1,60	1,36	1,19
800	2,44	2,32	2,19	2,08	1,91	1,72	1,53	1,29	1,11
600	2,33	2,23	2,11	1,97	1,93	1,63	1,45	1,20	1,03
500	2,26	2,15	2,03	1,91	1,79	1,58	1,39	1,14	0,98
400	2,19	2,09	1,97	1,79	1,68	1,53	1,33	1,07	0,90
300	2,10	2,01	1,87	1,73	1,61	1,45	1,25	0,99	0,82
200	1,97	1,86	1,73	1,62	1,49	1,33	1,13	0,86	0,69
150	1,86	1,75	1,63	1,53	1,39	1,24	1,04	0,77	0,61
100	1,73	1,64	1,54	1,42	1,29	1,12	0,92	0,65	0,50
80	1,65	1,57	1,47	1,34	1,22	1,05	0,84	0,58	0,45

Bảng 6.32. Hệ số α_3 (tải trọng tác dụng ở giữa góc tấm)

h/R E/E_{ch}^{m}	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
2000	2,37	2,31	2,25	2,17	2,09	1,97	1,80	1,62	1,49
1500	2,31	2,27	2,20	2,12	2,04	1,91	1,73	1,55	1,42
1000	2,26	2,19	2,13	2,04	1,95	1,80	1,66	1,47	1,34
800	2,20	2,14	2,07	1,99	1,88	1,75	1,60	1,40	1,26
600	2,14	2,09	2,02	1,93	1,80	1,68	1,54	1,33	1,19
500	2,11	2,04	1,97	1,85	1,75	1,64	1,49	1,28	1,14
400	2,07	2,00	1,93	1,81	1,72	1,60	1,44	1,21	1,08
300	2,01	1,95	1,86	1,75	1,66	1,54	1,38	1,15	1,00
200	1,92	1,84	1,73	1,67	1,57	1,44	1,28	1,03	0,87
150	1,84	1,77	1,69	1,61	1,50	1,34	1,19	0,95	0,80
100	1,76	1,68	1,62	1,52	1,41	1,28	1,08	0,84	0,54

Khi sử dụng hệ số α_1, α_2, α_3 thì đối với đường thành phố ở mép đường có đan rãnh, có bó vỉa và lát hè thì ta dùng bảng 6.30 và 6.32. Còn các đường ô tô nói chung thì dùng hệ số của cả 3 bảng.

Để tính toán chiều dày tấm theo công thức (6.30) ta dùng phương pháp giả định. Trước hết ta giả định chiều dày h trong giới hạn quy định các yếu tố về tải trọng, mật độ

xe, điều kiện khu vực, nhiệt độ... Sau đó tìm tỷ số $\frac{h}{R}$ và tra các hệ số α, trị số đó thay vào công thức (6.30). Nếu trị số h tìm ra không phù hợp với giả định thì phải chọn h giả định cho đến khi kết quả tính toán và giả định phù hợp mới thôi. Để giả định cho gần kết quả tính toán, chiều dày h có thể lấy theo bảng (6.33).

Bảng 6.33. Chiều dày tối thiểu của tấm bê tông xi măng làm mặt đường

Vật liệu lớp móng	Bề dầy tấm BTXM tối thiểu (cm) tuỳ thuộc lưu lượng xe tính toán (xe/ngày đêm)					
	≥ 10000	7000-10000	5000-7000	3000-5000	2000-3000	1000-2000
- Đá, cát, đất gia cố chất liên kết vô cơ.	24	22	22	20	18	18
- Đá dăm, xỉ, sỏi cuội.	-	-	22	20	18	18
- Cát, cấp phối	-	-	-	22	22	18

Ghi chú: *Lưu lượng xe tính toán ở đây là số xe các loại chưa quy đổi dự báo ở năm tính toán.*

6.4.4. Kiểm toán chiều dày bê tông xi măng dưới tác dụng của xe nặng cá biệt

Sau khi tính toán chiều dày của tấm bê tông xi măng ta cần kiểm tra kết quả tính toán bằng cách cho tấm chịu tải dưới tác dụng của tải trọng xe bánh xích, xe nhiều bánh, xe lu... Như vậy chiều dày tam bê tông mặt đường được tính theo công thức:

$$h = \sqrt{\frac{6\Sigma M}{[\sigma]}} \qquad (6.31)$$

Trong đó :

h - chiều dày tấm bê tông (cm);

[σ] - cường độ chịu kéo khi uốn cho phép của tấm bê tông (daN/cm^2);

ΣM - tổng mômen uốn (daN.cm/cm).

Theo tác giả Shekter đã giải bài toán theo mô hình trên nền đàn hồi và tìm ra công thức để tính mômen pháp tuyến (M_F) và mômen tiếp tuyến (M_T) trên đơn vị chiều rộng của tấm dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều trong một diện tích hình tròn hoặc dưới tác dụng của tải trọng tập trung P (hình 6.30).

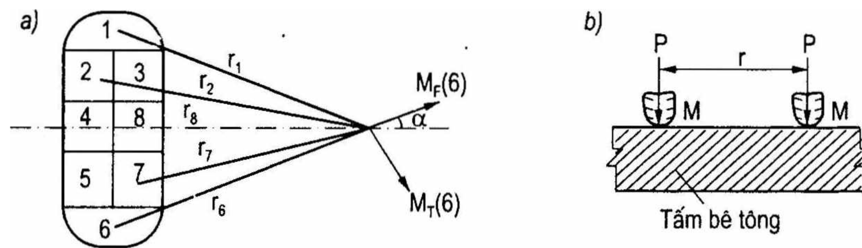
Dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều trên diện tích hình tròn có bán kính R (diện tích hình tròn vệt bánh xe tương đương) sinh ra dưới bánh xe là:

$$M_F = M_T = \frac{C \times P_{tt}(1+\mu)}{2\pi \times a \times R} \qquad (6.32)$$

Còn mômen uốn hướng tâm và tiếp tuyến do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh gây ra :

$$M_F = (A + \mu.B) \times P_{tt} \quad (6.33)$$

$$M_T = (B + \mu.A) \times P_{tt} \quad (6.34)$$



Hình 6.30: *Sơ đồ xác định mômen uốn thiết kế trên tấm bê tông*

Trong công thức tính toán trên thì:

P_{tt} - tải trọng của bánh xe tính toán đã nhân thêm hệ số xung kích (daN);

μ - hệ số Poisson của bê tông ($\mu = 0,15$);

M_F - mômen hướng tâm (pháp tuyến) (daN.cm/cm);

M_T - mômen tiếp tuyến (daN.cm/cm);

A, B - tham số xác định theo tích số a.r;

C - tham số xác định theo a.R.

Trị số ar và aR tính trực tiếp qua công thức :

$$a = \sqrt[3]{\frac{6E_{ch}^{m}(1-\mu_b^2)}{Eh^3(1-\mu_m^2)}} \quad (6.35)$$

Trong đó :

E_{ch}^{m} - môđun đàn hồi chung trên mặt lớp móng (daN/cm^2) (xác định theo 4-6 trong quy trình thiết kế áo đường cứng 22TCN 223-95);

E - môđun đàn hồi của bê tông (daN/cm^2);

μ_m - hệ số Poisson chung của móng và nền đất;

μ_b - hệ số Poisson của bê tông.

Nếu chọn $\mu_b = 0,15$ và $\mu_m = 0,3 \div 0,4$ ta có thể tính a gần đúng như sau:

$$a = \frac{1}{h}\sqrt[3]{\frac{6E_{ch}^{m}}{E}} \quad (6.36)$$

r - khoảng cách giữa điểm tác dụng của tải trọng đến điểm cần tìm mômen (cm);

a - hệ số liên quan đến độ cứng hình trụ của tấm tính theo công thức (6.35);

R - bán kính của diện tích vết bánh xe tính toán (cm).

Trị số ar và aR có thể không cần tính theo công thức mà tra bảng tính sẵn liên quan tới $\frac{E}{E_{ch}^{m}}$ và tỷ số $\frac{h}{r}$ và $\frac{h}{R}$ (bảng 6.34) còn thông số A, B, C có thể tra theo bảng tính sẵn phụ thuộc hệ số ar hay aR (bảng 6.35).

Bảng 6.34. Trị số ar và aR

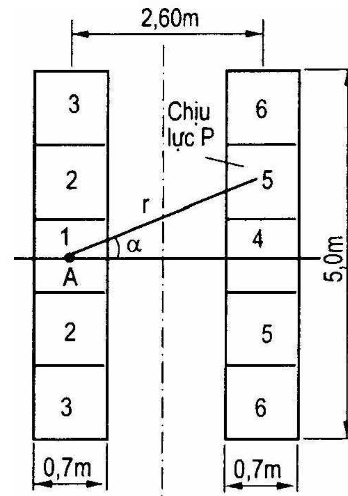
$\frac{E}{E_{ch}^{m}}$	h/r hay h/R												
	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	10	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
2000	0,072	0,080	0,090	0,103	0,120	0,144	0,180	0,240	0,286	0,360	0,480	0,750	1,440
1500	0,079	0,088	0,099	0,114	0,133	0,159	0,198	0,265	0,346	0,397	0,530	0,795	1,590
1200	0,085	0,095	0,107	0,122	0,143	0,171	0,214	0,285	0,342	0,427	0,569	0,855	1,710
1000	0,091	0,104	0,114	0,130	0152	0,182	0,227	0,304	0,364	0,454	0,605	0,910	1,820
800	0,980	0,108	0,122	0,140	0,163	0,195	0,244	0,326	0,390	0,487	0,560	0,975	1,950
600	0,108	0,120	0,135	0,154	0,181	0,216	0,270	0,360	0,432	0,540	0,720	1,080	2,160
500	0,114	0,127	0,142	0,163	0,191	0,228	0,286	0,381	0,456	0,570	0,760	1,140	2,280
400	0,123	0,137	0,154	0,176	0,206	0,246	0,308	0410	0,492	0,615	0,820	1,230	2,461
300	0,135	0,151	0,189	0,194	0,226	0,271	0,338	0,452	0,542	0,677	0,902	1,355	2,710
200	0,135	0,172	0,194	0,222	1,259	0,310	0,387	0,512	0,620	0,775	1,033	1,550	3,100
150	0,171	0,190	0,214	0,244	0,285	0,342	0,426	0,570	0,684	0,860	1,137	1,710	3,420
100	0,195	0,126	0,244	0,279	0,326	0,390	0,487	0,650	0,780	0,975	1,300	1,930	3,900
80	0,210	0,233	0,262	0,300	0,351	0,420	0,525	0,711	0,840	1,050	1,398	2,100	4,200

Bảng 6.35. Trị số của A, B, C

ar hay aR	A	B	C
0	-	-	-
0,05	0,287	0,208	0,091
0,1	0,232	0,153	0,147
0,2	0,178	0,099	0,220
0,3	0,147	0,068	0,275
0,4	0,124	0,047	0,313
0,6	0,093	0,021	0,352
0,8	0,075	0,004	0,387
1,0	0,058	-0,006	0,364
1,2	0,047	-0,013	0,353
1,4	0,038	-0,017	-
1,6	0,031	-0,019	0,309

ar hay aR	A	B	C
1,8	0,025	-0,019	-
2,0	0.021	-0,021	0,263
2,2	0.017	-0,019	-
2,4	0.014	-0,018	-
2,6	0.012	-0,017	-
2,8	0.010	-0,016	-
3,0	0.008	-0,014	-
3,2	0.007	-0,013	-
3,4	0.006	-0,012	-
3,6	0,005	-0,011	-
3,8	0,0074	-0,009	-
4,0	0,006	-0,008	-

Dùng công thức của Shekter có thể tìm ra mômen uốn sinh ra do tải trọng phân bố trên một diện tích rộng (bánh xe của xe lu, xe bánh xích...). Ta chia diện tích vệt bánh xe lớn thành một số diện tích nhỏ và tải trọng tác dụng lên một diện tích nhỏ này được thay bằng tải trọng phân bố trên vòng tròn có diện tích tương đương hoặc bằng tải trọng tập trung tác dụng tại trong tấm. Sau đó dùng công thức (6.32) (6.33) (6.34) để tìm M_F và M_T dùng trị số lớn.



Hình 6.31: Sơ đồ tính toán mômen uốn do tải trọng xe bánh xích gây ra

Giả sử khi tính mômen uốn do bánh xích gây ra đối với điểm A (hình 6.31). Trước hết ta chia bánh xích thành các ô nhỏ, mỗi ô đó chịu một lực tập trung rồi lần lượt tính mômen uốn theo hướng x và y do mỗi lực tập trung đó gây ra. Ví dụ mômen uốn do lực tập trung P tác dụng ở cách điểm A một khoảng cách r, ta sẽ có:

$$M_x = M_F\cos^2\alpha + M_T\sin^2\alpha$$

$$M_y = M_F\sin^2\alpha + M_T\cos^2\alpha \qquad (6.37)$$

Góc α là góc hợp bởi giữa lực của hướng tìm mômen với đường nối liền điểm tác dụng lực (hình 6.31) và điểm tìm mômen.

Khi $\alpha < 20°$ thì trị số $\sin^2\alpha$ rất nhỏ có thể bỏ qua.

Cuối cùng tìm ra mômen uốn tổng hợp lớn nhất ΣM và dựa vào công thức (6.3) để tính chiều dày tấm h.

6.4.5. Tính toán và kiểm tra cường độ tầng móng dưới tấm bê tông xi măng

Lớp móng và nền đất được xem như hệ bán không gian đàn hồi hai lớp và tính môđun đàn hồi chung lớp móng (E^m_{ch}) được tiến hành như trong tính toán kết cấu áo đường mềm ở "tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm" 22TCN 211-93.

Chú ý khi tính toán theo toán đồ trong tính toán thì trị số D - đường kính vết bánh xe tương đương của vệt bánh xe tính toán có xét tới sự phân bố tải trọng của tấm bê tông xi măng ta có trị số đó là D_m. Trị số D_m tính như sau:

$$D_m = D + h \text{ (cm)} \qquad (6.38)$$

Với h là bề dày tấm bê tông xi măng.

Khi tính toán E_{ch}^{m} các trị số môđun đàn hồi tính toán của vật liệu làm móng và của nền đất cũng được xác định như tính toán ở tiêu chuẩn 22TCN 211-93 và tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô TCVN 4054-98.

Dưới tác dụng của tải trọng lặp lại, đất nền đường có thể bị biến dạng dẻo. Điều kiện là lớp móng dưới mặt đường bê tông xi măng phải đảm bảo lớp đất dưới không xuất hiện biến dạng dẻo (không trượt) theo điều kiện (6.28) là :

$$\tau_{am} + \tau_{ab} \leq K'c \quad (6.39)$$

τ_{am} - ứng suất trượt hoạt động lớn nhất do hoạt tải gây ra, (toán đồ 6.32a và 6.32b).

τ_{ab} - ứng suất do tải trọng tĩnh gây ra (trọng lượng bản thân lớp kết cấu phía trên gây ra) (toán đồ 6.33).

C - lực dính tiêu chuẩn của đất làm nền.

k_1 - hệ số xét đến ảnh hưởng của sự lặp lại tải trọng (bảng 6.36a).

k_2 - hệ số xét đến điều kiện không đồng nhất của mặt đường cứng (bảng 6.36b).

Bảng 6.36a. Giá trị của hệ số k_1

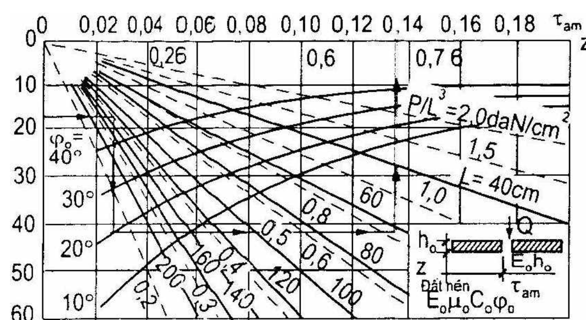
Số ô tô tính toán trong 1 ngày đêm trên một làn xe	k_1
Dưới 1000	1,0
Từ 1000 đến 3000	0,85
Trên 3000	0,75

Bảng 6.36b. Giá trị của hệ số k_2

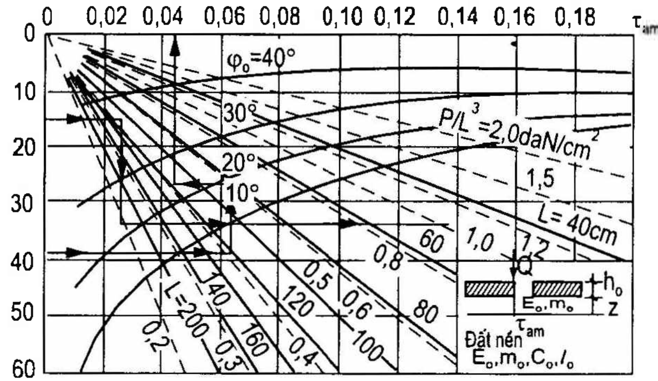
Loại móng	Giá trị của k_2 khi liên kết giữa các tấm	
	Bằng thanh truyền lực	Kiểu ngàm
Cốt liệu đá gia cố xi măng	0,65	0,75
Cốt liệu đá gia cố nhựa	0,55	0,65

Giá trị của hệ số $K' = k_1 \times k_2$ (6.46)

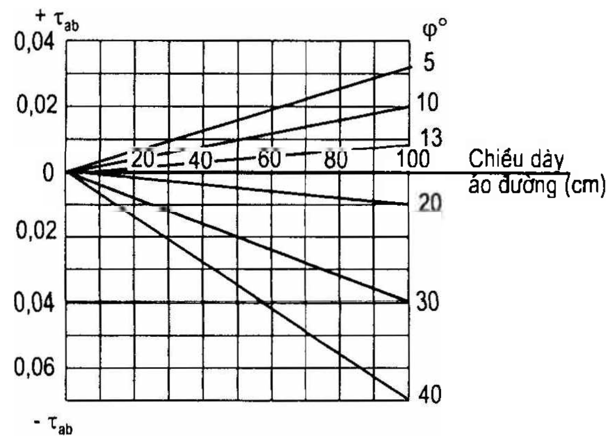
K' là hệ số tổng hợp được tính như vậy.



Hình 6.32a : Toán đồ xác định ứng suất cắt hoạt động (τ_{am}) khi các khe tấm bê tông không có thanh truyền lực liên kết tự do



***Hình 6.32b** : Toán đồ xác định ứng suất cắt hoạt động (τ_{am}) khi các khe tấm bê tông có thanh truyền lực hoặc liên kết khớp*



***Hình 6.33** : Toán đồ xác định giá trị của ứng suất cắt hoạt động do trọng lượng bản thân lớp kết cấu áo đường nằm trên lớp tính toán (τ_{ab}) gây ra trong lớp tính toán.*

6.4.6. Tính toán kết cấu áo đường cứng khi chịu ảnh hưởng tác dụng của nhiệt độ

Ta đã biết sự thay đổi nhiệt độ theo mùa làm nhiệt độ bản thân tấm bê tông xi măng tăng hoặc giảm không đều và nếu như tấm không bố trí khe co giãn thì tấm không chuyển dịch tự do được do đó sẽ phát sinh ứng suất lớn. Theo công thức tính ta có:

$$\sigma_n = \frac{E_b \times \alpha \times t}{1-\mu} \quad (6.41)$$

Trong đó :

σ_n - ứng suất của tấm bê tông do nhiệt độ gây ra (daN/cm²);

E_b - mođun đàn hồi của bê tông;

α - hệ số nở nhiệt của bê tông; α = 0,00001;

μ - hệ số poisson; μ = 0,15.

Nếu nhiệt độ t thay đổi từ mùa nóng sang lạnh (t = 20°C) thì $\sigma = 47$ kG/cm^2. Trị số này lớn so với cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông. Chính vì vậy ta phải bố trí khe co giãn. Tuy vậy tấm vẫn chịu ảnh hưởng của lực ma sát giữa tấm và móng. Tấm càng lớn thì trị số ứng suất kéo do nhiệt độ gây ra càng lớn. Tấm có thể bị phá hoại do uốn dọc.

Khi nhiệt độ mặt trên và mặt dưới của tấm bê tông xi măng chênh nhau Δt (°C) thì trong tấm bê tông sinh ra ứng suất uốn vồng ta có thể tính như sau:

$$\sigma_d = \frac{E_t \alpha}{2(1-\mu^2)} (C_x + \mu C_y) \times \Delta t \tag{6.42}$$

$$\sigma_{ng} = \frac{E_t \alpha}{2(1-\mu^2)} (C_y + \mu C_x) \times \Delta t \tag{6.43}$$

$$\sigma_c = \frac{E_t \alpha}{2(1-\mu^2)} C_x \times \Delta t \tag{6.44}$$

Trong đó :

σ_d - ứng suất uốn vồng theo hướng dọc giữa tấm (daN/cm^2);

σ_{ng} - ứng suất uốn vồng theo hướng ngang ở giữa tấm (daN/cm^2);

σ_c - ứng suất uốn vồng theo hướng dọc ở cạnh tấm (daN/cm^2);

Δt - chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa mặt trên và mặt dưới tấm (°C) $\Delta t = 0{,}84h$ với h là chiều dày tấm (cm);

μ - hệ số Poisson của bê tông, $\mu = 0{,}15$;

E_t - môđun đàn hồi của bê tông khi chịu tác dụng chênh lệch của nhiệt độ lâu dài 6–9 giờ lấy bằng $0{,}6E_b$ (E_b là môđun đàn hồi của bê tông);

α - hệ số giãn nở nhiệt của bê tông, $\alpha = 0{,}00001$;

C_x và C_y - hệ số có trị số thay đổi theo tỷ số $\frac{L}{l}$ và $\frac{B}{l}$.

Với : L - chiều dài tấm bê tông (khoảng cách giữa hai khe co) (m, cm);

B - chiều rộng tấm bê tông (m, cm);

l - bán kính độ cứng của tấm bê tông.

$$l = 0{,}6h\sqrt[3]{\frac{E_b}{E_{ch}^m}} \tag{6.45}$$

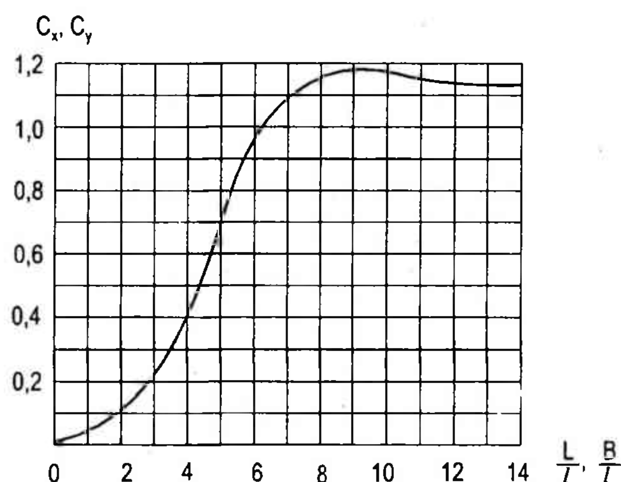
Trong đó :

h - chiều dày tấm bê tông (cm);

E_b - môđun đàn hồi của bê tông (daN/cm^2);

E_{ch}^m - môđun đàn hồi chung trên mặt móng (daN/cm^2).

Có thể tra hệ số C_x và C_y theo giá trị ở biểu đồ (hình 6.34) hoặc bảng tính sẵn (bảng 6.37).



Hình 6.34 : Toán đồ giá trị hệ số C_x và C_y

Bảng 6.37. Trị số C_x và C_y

$\frac{L}{l}$ và $\frac{B}{l}$	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
C_x, C_y	0,19	0,42	0,70	0,91	1,01	1,07	1,08

Để tính toán cho tấm bê tông xi măng làm việc dưới tác dụng của tải trọng và nhiệt độ thì điều kiện ứng suất trong tấm bê tông phải thoả mãn điều kiện :

$$\Sigma\sigma = \sigma_t + \sigma_n \leq [\sigma] \qquad (6.46)$$

Trong đó :

σ_t - ứng suất chịu kéo khi uốn do tác dụng của tải trọng trong tấm bê tông (daN/cm^2);

σ_n - ứng suất chịu kéo khi uốn do tác dụng của nhiệt độ tác dụng sinh ra (daN/cm^2);

$[\sigma]$ - ứng suất chịu kéo khi uốn cho phép của bê tông (daN/cm^2).

$$[\sigma] = [\sigma_t] + [\sigma_n] \qquad (6.47)$$

Trong đó :

$$[\sigma_t] = \frac{R_{28}}{n} \ ; \quad [\sigma_n] = (0,3 \div 0,35)R_{28};$$

Với: R_{28} - cường độ giới hạn của bê tông sau 28 ngày;

n - hệ số an toàn khi xét tới sự trùng phục của tải trọng.

6.5. THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG LẮP GHÉP

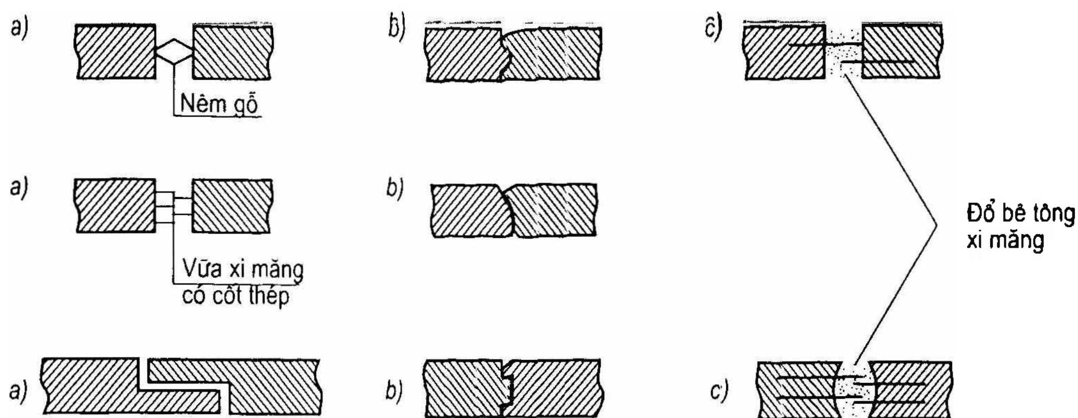
6.5.1. Cấu tạo của mặt đường bê tông xi măng lắp ghép

Mặt đường dùng các tấm bê tông xi măng có hoặc không có cốt thép chế tạo sẵn ở các công xưởng rồi chở ra hiện trường lắp đặt trên các lớp móng được chuẩn bị sẵn đó là mặt đường bê tông xi măng lắp ghép.

Mặt đường này phải có khả năng chịu tải trọng tác dụng của xe chạy. Các tấm bêtông lắp ghép mặt đường cần phải đảm bảo yêu cầu về kích thước, trọng lượng tấm phù hợp với cần trục lắp đặt.

Tấm mặt đứng có cấu tạo hình vuông, hình chữ nhật, hình sáu cạnh... Lắp đặt trên lớp móng bằng phẳng, chắc bằng cát, đất hoặc vật liệu có gia cố chất liên kết. Bản thân các tấm phải tạo ra độ bằng phẳng và ổn định; giữa các tấm phải có liên kết để truyền lực giữa các tấm cấu tạo đó là các loại liên kết.

- Liên kết khớp : (hình 6.35a).
- Liên kết cứng : (hình 6.35b).
- Liên kết cứng tuyệt đối (hình 6.35c).



Hình 6.35: Các loại liên kết giữa các tấm.
a) Liên kết khớp; b) Liên kết cứng; c) Liên kết tuyệt đối cứng

Ưu điểm của mặt đường bê tông xi măng lắp ghép là: chế tạo tại công xưởng, thông xe ngay sau khi thi công và bóc mặt đường đi thi công chỗ khác dễ dàng. Tuy nhiên nhược điểm là mặt đường này độ bằng phẳng kém do nhiều khe nối và chất lượng giảm do tích luỹ biến dạng dư.

6.5.2. Tính toán mặt đường bê tông xi măng lắp ghép

Mặt đường là tấm bê tông xi măng lắp ghép thì khi chịu tải trọng bằng xe tính toán và hệ số chiết giảm cường độ k cũng chịu uốn theo điều kiện $\sigma_{ku} \leq k.R_u$ trong công thức 6.27.

Tuy vậy khi tính mômen uốn M do tải trọng bánh xe P gây ra sẽ khác nhau tuỳ theo chỉ số độ mềm của tấm S. Chỉ số độ mềm của tấm S được xác định theo công thức:

$$S = \frac{3(1-\mu_b^2)E_{ch}^m R^3}{(1-\mu_m^2)E_b \times h^3} \qquad (6.48)$$

E_{ch}^m - môđun đàn hồi chung trên mặt móng (daN/cm^2) xác định theo 4-6 trong quy trình thiết kế áo đường cứng 22TCN 223-95);

μ_m - hệ số Poisson tương đương trên mặt móng (μ_m = 0,30);

E_b - môđun đàn hồi của bê tông (daN/cm^2);

μ_b - hệ số Poisson của bê tông, μ_b = 0,15;

E_b - lấy ở bảng các chỉ tiêu cường độ và môđun đàn hồi của bê tông làm mặt đường (22TCN 223-95) (bảng 6.38);

h - chiều dày tấm bê tông (cm);

R - bán kính tấm tròn hoặc nửa cạnh ngắn của tấm chữ nhật (cm).

Bảng 6.38. Các chỉ tiêu cường độ và môđun đàn hồi của bê tông làm đường (theo 22TCN 223 - 95).

Các lớp kết cấu	Cường độ giới hạn sau 28 ngày (daN/cm^2)		Môđun đàn hồi E_b (daN/cm^2)
	Cường độ chịu kéo uốn	Cường độ chịu nén	
Lớp mặt	50	400	35×10^4
	45	350	33×10^4
	40	300	$31,5 \times 10^4$
Lớp móng của mặt đường bê tông nhựa	35	250	29×10^4
	30	200	$26,5 \times 10^4$
	25	170	23×10^4

Ghi chú : *Trị số E_b trong bảng xác định bằng thí nghiệm mẫu dầm bê tông với ứng suất bằng 0,6 ứng suất chịu uốn giới hạn.*

Ta có 3 trường hợp tính toán.

- Khi S > 10 tấm thuộc loại mềm, tấm được tính như tấm vô hạn dùng công thức tính như: tấm đổ tại chỗ (6.43).

- Khi 5 ≤ S ≤ 10: tấm xem như hữu hạn thì xác định mômen uốn ở giữa tấm là :

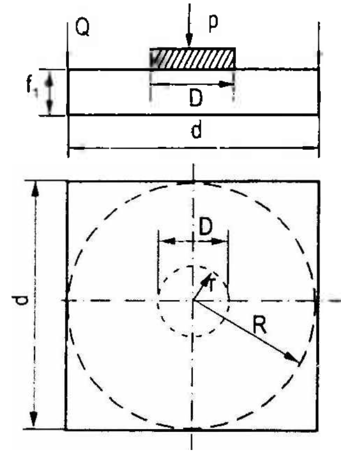
$$M_{tt} = P(\overline{M}_A + \overline{M}_B) \qquad (6.49)$$

Trong đó :

P - tải trọng bánh xe tính toán (bảng 6.18) tính bằng daN;

$\overline{M}_A$; $\overline{M}_B$ - trị số phụ thuộc S và tỷ số $\frac{D}{2R}$ (với D là đường kính vệt bánh xe tính toán cm) và R bán kính đường tròn nội tiếp trong tấm (hình 6.36 và bảng 6.39).

- Khi S < 0,5: tấm tuyệt đối cứng thì mômen uốn ở giữa tấm tính toán theo công thức:



Hình 6.36 : Sơ đồ tính toá tấm bê tông xi măng lắp ghép

$$M_{tt} = p.\overline{M}.R^2 \quad (6.50)$$

Trong đó :

p - áp lực bánh xe tính toán daN/cm^2;

R - với tấm vuông bằng 1/2 chiều dài cạnh còn tấm 6 cạnh chính là chiều dài cạnh;

$\overline{M}$ - trị số phụ thuộc tỷ số $\frac{D}{2R}$ với D là đường kính vệt bánh xe tương đương (bảng 6.40).

Bảng 6.39. Trị số $\overline{M}_A$ và $\overline{M}_B$ với $\overline{M}_A = f(S)$ và $\overline{M}_B = f(D/2R)$

S	0,5	1	2	3	5	10
$\overline{M}_A$	-0,052	-0,056	-0,066	-0,074	-0,086	-0,108

$\frac{D}{2R}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,075	0,10	0,15	0,20
$\overline{M}_B$	0,507	0,443	0,405	0,378	0,358	0,320	0,203	0,255	0,224

Bảng 6.40. Trị số $\overline{M}$

$\frac{D}{2R}$	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	0,90	1,00
$\overline{M}$	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,07

Ngoài việc tính toán M_{tt} do tải trọng bánh xe đặt ở giữa tấm gây ra, còn phải tính được mômen uốn do lực cắt Q từ chu vi của các tấm lân cận gây ra. Mômen ảnh hưởng của các tấm lân cận đó là M_Q tính toán như sau :

$$M_Q = -\overline{M}_Q QR \qquad (6.51).$$

Trị số $\overline{M}_Q$ phụ thuộc chỉ số độ mềm S tra bảng (6.41).

Bảng 6.41. Trị số $\overline{M}_Q$

S	0,5	1	2	3	5	10
$\overline{M}_Q$	0,264	0,247	0,220	0,197	0,161	0,126

Còn lực cắt Q do ảnh hưởng của tấm bên cạnh ta tính theo công thức :

$$Q = \overline{Q}\frac{P}{L_1} \qquad (6.51)$$

Với L_1 ta có :

$$L_1 = R\sqrt[3]{\frac{1}{2S}} \qquad (6.52)$$

Trong đó :

$\overline{Q}$ - hệ số phụ thuộc tỷ số $\frac{R}{L_1}$ tra ở bảng (6.42).

Bảng 6.42. Hệ số $\overline{Q}$

$\frac{R}{L_1}$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\overline{Q}$	1,582	0,799	0,367	0,224	0,150	0,105	0,074	0,053	0,038	0,027	0,010

P - tải trọng bánh xe tính toán (daN).

Chiều dày tấm bê tông xi măng được tính như sau :

$$h = \sqrt{\frac{6M}{[\sigma]}} \qquad (6.53)$$

Trong đó : mômen uốn tổng cộng M được tính :

$$M = M_{tt} + M_Q \qquad (6.54).$$

[σ] - cường độ chịu uốn cho phép của bê tông với hệ số chiết giảm cường độ k (lấy theo bảng 6.17 và 6.38).

Sau khi chọn chiều dày của tấm bê tông xi măng lắp ghép ta chọn khả năng vận chuyển và lắp ghép tấm và ta tính lượng cốt thép bố trí trong tấm. Để xác định lượng cốt thép trong tấm cần thiết ta phải tính giá trị hệ số β_1 hoặc γ_1 theo công thức :

$$\beta_1 = \frac{[\sigma_b] b h_o^2}{M} \qquad (6.55)$$

Hay:

$$\gamma_1 = \frac{[\sigma_a] b h_o^2}{M}$$

Trong đó :

M - mômen uốn tổng cộng tính theo công thức (6.54);

h_o - chiều cao có ích của tiết diện tấm, (cm);

b - bề rộng của tiết diện tính toán, (cm);

$[\sigma_b]$ - ứng suất chịu nén uốn cho phép của bê tông (daN/cm^2) lấy theo bảng 6.43).

Bảng 6.43. Trị số ứng suất nén - uốn cho phép của BTXM

Mác bê tông (daN/cm^2)	200	250	300	400
Ứng suất nén uốn cho phép $[\sigma_b]$, daN/cm^2	90	110	130	175

$[\sigma_a]$ ứng suất cho phép của cốt thép (daN/cm^2)

Với : - Cốt thép tròn CT3 : 1350 daN/cm^2

- Cốt thép tròn CT5 : 1600 daN/cm^2

Để xác định tỷ lệ cốt thép (P%), ta tra bảng 6.44 như sau :

Bảng 6.44. Xác định tỷ lệ % cốt thép (P%)

P%	β_1	γ_1	P%	β_1	γ_1
2,00	5,10	59,1	1,00	6,34	113,7
1,90	5,19	62,1	0,90	6,57	125,7
1,80	5,27	65,2	0,80	6,84	140,3
1,70	5,36	69,0	0,70	7,18	159,3
1,60	5,45	73,0	0,60	7,60	184,8
1,50	5,55	77,4	0,50	8,14	219,8
1,40	5,69	82,8	0,40	8,86	272,2
1,30	5,82	88,6	0,30	9,95	359,0
1,20	5,97	95,5	0,20	11,76	531,5
1,10	6,14	103,8	0,10	15,84	1045,0

Ngoài tính toán trên cần phải kiểm tra ứng suất phát sinh trong quá trình vận chuyển, cẩu lắp... kiểm toán tấm được xem như một dầm đơn giản đặt trên hai gối tựa chịu tải trọng phân bố của trọng lượng bản thân tấm.

Mômen uốn xuất hiện trong tấm khi cẩu được tính như sau :

$$M = \frac{ql^2}{8} \times K_d \tag{6.56}$$

Trong đó :

q - tải trọng phân bố đều do trọng lượng bản thân tấm.

$$q = \frac{h\gamma F}{l} \tag{6.57}$$

Trong đó :

h - chiều dày tấm (cm) ;

l - chiều dài tấm (cm);

F - diện tích tấm (cm^2) ;

γ - dung trọng của bê tông daN/cm^3;

K_d - hệ số động (chọn K_d = 1,5).

Chương 7

TÍNH TOÁN KHỐI LƯỢNG CÔNG TÁC XÂY DỰNG ĐƯỜNG

7.1. NHIỆM VỤ TÍNH TOÁN KHỐI LƯỢNG CÔNG TÁC XÂY DỰNG ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

Nhiệm vụ của công tác thiết kế đường đô thị là khảo sát, tính toán, thiết kế đầy đủ các hồ sơ bản vẽ liên quan đến công tác xây dựng đường theo nhiệm vụ được giao. Từ đó tính toán tổng hợp đủ khối lượng công tác cho từng hạng mục công trình và toàn bộ công trình trên tuyến, nếu một tuyến đường thiết kế đầy đủ, đồng bộ các hạng mục công trình cho từng km đường (không kể phần cầu) thường bao gồm:

- Khối lượng công tác xây dựng nền đường (đất đào, đắp, phần xử lý nền...).

- Khối lượng hệ thống thoát nước (cống ngang, rãnh dọc, giếng thu...).

- Khối lượng công trình tường chắn đất, gia cố chống trượt lở nền đường...

- Khối lượng phần xây dựng kết cấu mặt đường từ phần móng đến mặt đường.

- Khối lượng xây dựng hè đường, dải phân cách, bao gồm phần bó vỉa, đan rãnh, lát hè, ô trồng cây xanh trên hè, thảm cỏ, hệ thống chiếu sáng đường.

- Khối lượng công tác xây dựng hệ thống biển báo an toàn giao thông, công tác sơn vạch an toàn giao thông trên mặt đường....

Mỗi nội dung công tác trên là một bộ hồ sơ với đầy đủ các chi tiết thiết kế và thống kê khối lượng, thuyết minh tính toán, yêu cầu tiêu chuẩn kỹ thuật thiết kế, kiểm tra, nghiệm thu... Từ đó tính toán chi phí giá thành đầu tư xây lắp cho công trình.

Nhiệm vụ của tính toán khối lượng công tác xây dựng đường là xác định chính xác và đầy đủ khối lượng công tác cho từng hạng mục trên để tính toán yêu cầu sử dụng vật liệu, nhân công, máy thi công cho từng hạng mục chi phí đầu tư và kế hoạch thi công cho công trình đảm bảo tính thống nhất, đồng bộ trong từng giai đoạn xây dựng.

Trong hồ sơ khảo sát thiết kế công trình tuỳ theo từng giai đoạn của đồ án mà yêu cầu mức độ thể hiện các bản vẽ thiết kế. Hiện nay trong thực tế thiết kế đường đô thị, công tác thiết kế có các giai đoạn:

- Khảo sát thiết kế giai đoạn tiền khả thi;

- Khảo sát thiết kế giai đoạn lập báo cáo nghiên cứu khả thi;

- Khảo sát thiết kế giai đoạn thiết kế kỹ thuật bản vẽ thi công.

Các bước khảo sát thiết kế đường đô thị phải tuân thủ theo đồ án quy hoạch tổng hợp các hạng mục đã được phê duyệt. Trong thiết kế đường đô thị cần thiết kế đồng bộ phần nền đường, mặt đường với hệ thống công trình ngầm dưới đường như hệ thống thoát nước, cấp nước. cáp quang, cáp điện chiếu sáng ngầm, hệ thống đường ống cấp ga... và có kế hoạch đầu tư vốn xây lắp một cách đồng bộ và kịp thời trong xây lắp. Hiện nay ở các đô thị Việt Nam các công việc trên thường chưa được kết hợp tốt nên hiện tượng đào phá hè, mặt đường để cải tạo, xây mới các công trình ngầm là phổ biến. Để giải quyết tốt vấn đề trên đòi hỏi người kĩ sư thiết kế đường đô thị ngoài kiến thức chuyên sâu về thiết kế đường còn phải có kiến thức tổng hợp về quy hoạch và thiết kế các công trình ngầm khác hoặc biết phối kết chặt chẽ với các bộ môn kỹ thuật khác để giải quyết thoả đáng những mâu thuẫn phát sinh trong quá trình thiết kế cũng như tác nghiệp thi công tại hiện trường.

7.2. TÍNH TOÁN KHỐI LƯỢNG CÔNG TÁC XÂY DỰNG NỀN ĐƯỜNG

7.2.1. Mặt cắt ngang thi công nền đường

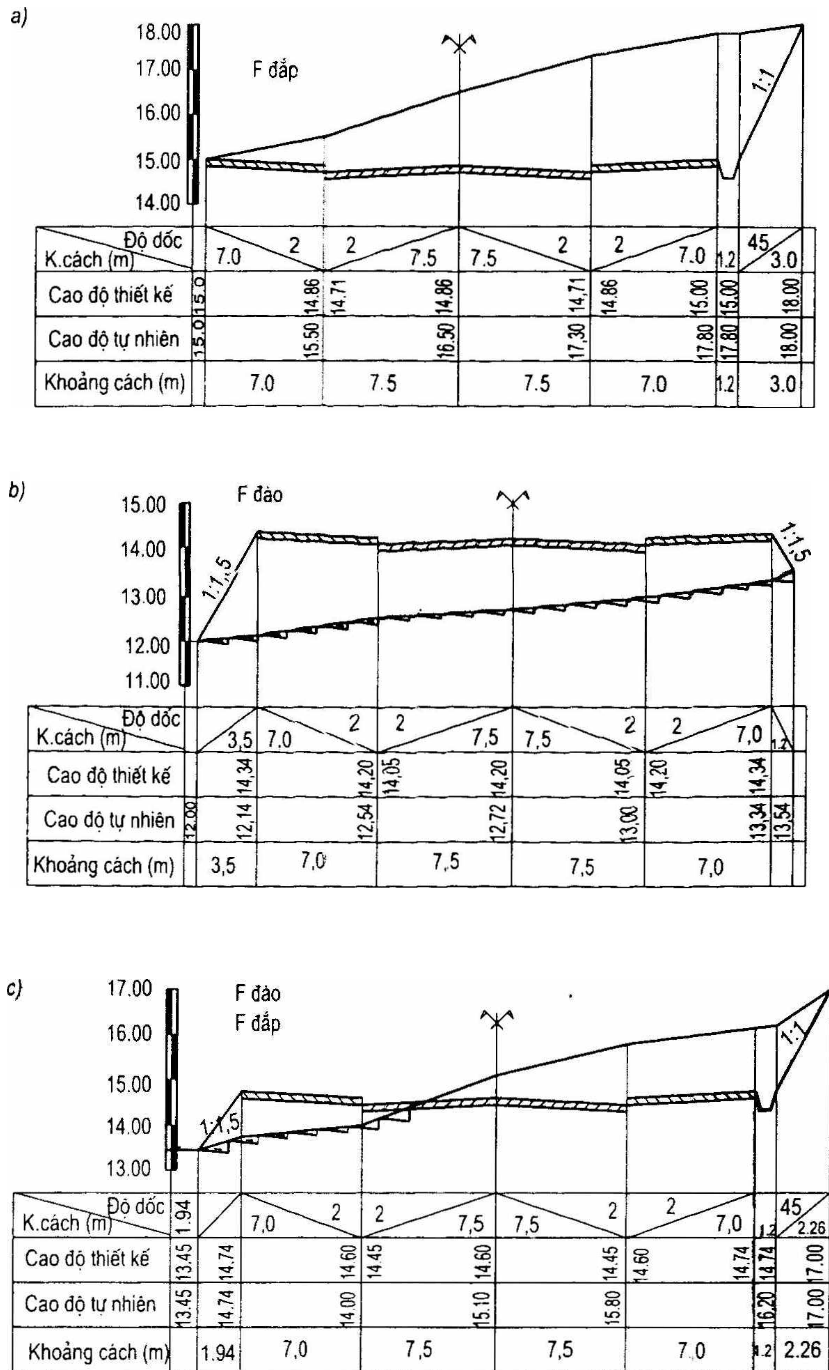
Trong thiết kế đường đô thị khối lượng công tác đất đào, đắp nền đường chiếm một tỉ lệ lớn trong chi phí đầu tư. Các hồ sơ bản vẽ thiết kế đào đắp nền đường được thiết kế tính toán trên cơ sở số liệu khảo sát đo đạc chi tiết trên hiện trạng của từng cọc lý trình và các cọc đặc biệt tại thực địa theo bản vẽ định vị cắm mốc công trình. Tính toán đầy đủ, chính xác khối lượng công tác đào, đắp đất có ý nghĩa quan trọng trong việc lập kế hoạch, phương án thi công và kinh phí xây dựng nền công trình; đặc biệt là kế hoạch điều phối công tác đất trong quá trình xây dựng nền đường. Tính toán khối lượng công tác đào, đắp nền đường hiện nay chủ yếu dựa vào phương pháp mặt cắt ngang thi công nền đường.

Mặt cắt ngang thi công nền là mặt cắt ngang từng cọc của nền đường trên toàn tuyến. Nó thể hiện đầy đủ các thông số kỹ thuật, kích thước các bộ phận cấu thành mặt cắt ngang xây dựng nền đường như cao độ, độ dốc ngang của các bộ phận nền; độ dốc ta luy nền; vị trí tường chắn đất; các yêu cầu đánh cấp xử lý nền đào, đắp; các lớp đất đắp và yêu cầu các chỉ tiêu cơ lý, độ đầm chặt yêu cầu của đất đắp nền; ngoài ra phải tính toán được diện tích phần đất đào, diện tích phần đất đắp trên mặt cắt ngang đường để có cơ sở tính toán khối lượng đất đào đắp nền đường cho toàn tuyến.

Trong thực tế thiết kế, xây dựng đường trong đô thị cũng như ngoài đô thị, mặt cắt ngang nền đường có thể là nền đào hoàn toàn, đắp hoàn toàn và nền đường vừa đào vừa đắp.

Khi thiết kế đường, cao độ trên mặt cắt dọc là cao độ mặt đường hoàn thiện. Giai đoạn xây dựng nền đường, để đảm bảo điều kiện kinh tế cần tính toán cao trình đắp nền hợp lý nhất. cao độ thi công nền thường thấp hơn cao độ hoàn thiện. Để tính toán xác

định cao trình đắp nền hợp lý tùy theo điều kiện cụ thể ta có các phương án thiết kế và thi công nền đường. Việc tính toán cao độ đắp nền đường, căn cứ vào chiều dày lớp kết cấu mặt đường, kết cấu lớp hè đường, khối lượng đất mà công trình đường ống ngầm dưới nền đường chiếm thể tích, khối lượng đất trồng cây xanh thảm cỏ ... Trong thiết kế nếu không tính toán một cách đầy đủ các yếu tố nêu trên sẽ gây lãng phí lớn không đáng có trong đầu tư công trình.



Hình 7.1: Mặt cắt ngang thi công nền đường.
a) Nền đào hoàn toàn; b) Nền đắp hoàn toàn; c) Nền vừa đào vừa đắp.

7.2.2. Tính toán khối lượng công tác đất đào, đắp nền đường

Tính toán khối lượng công tác đào đắp đất nền đường được sử dụng chủ yếu theo phương pháp mặt cắt. Mỗi cọc trên tuyến có một mặt cắt nền đường thi công tương ứng trên cơ sở số liệu đo đạc khảo sát mặt nền tự nhiên tại tim đường, mép đường, các điểm cắt gãy đặc biệt của nền tự nhiên. Tương ứng tại vị trí đó ta có cao độ thiết kế trên mặt cắt dọc và mặt cắt ngang thiết kế nền đường trên cơ sở quan hệ các bộ phận cấu thành giữa cao độ nền thiết kế và nền tự nhiên và các quan hệ giữa các bộ phận mặt cắt ngang thiết kế như chiều dày kết cấu mặt đường, rãnh biên thoát nước, vỉa hè, độ dốc ta luy đào, ta luy đắp; số liệu khảo sát cột địa tầng địa chất công trình dọc, ngang tuyến. Ta vẽ và tính toán phần diện tích mặt cắt ngang các phần đất trên mặt cắt ngang nền đường:

- Diện tích phần bóc bỏ đất hữu cơ, bùn, rác...;
- Diện tích phần đất đắp nền đường;
- Diện tích phần đất đào nền đường;
- Diện tích phần đất đào rãnh thoát nước dọc;
- Diện tích phần đất đào khuôn đường, đắp hè đường, lề đường...

Căn cứ vào phần diện tích đào, đắp của từng mặt cắt ngang và khoảng cách giữa hai mặt cắt ngang liền kề của hai cọc để tính khối lượng.

Tính toán diện tích phần đào, đắp của từng mặt cắt nền đường trên cơ sở phần diện tích giữa đường cao độ thiết kế và đường cao độ nền tự nhiên tính toán theo xác định quy về diện tích các hình cơ bản như tam giác, hình thang, chữ nhật.... Hiện nay trong các chương trình tự động hoá thiết kế đường việc xác định diện tích đào đắp của mặt cắt ngang đường đã được tự động hoá. Kết quả tính toán độ chính xác phụ thuộc vào số liệu khảo sát thực địa và tính hợp lý của cao trình thiết kế đắp nền.

Khối lượng đào giữa hai mặt cắt ngang đường được tính toán theo công thức:

$$V_{Đào}^{i,i+1} = (F_{Đào}^{i} + F_{Đào}^{i+1}) : 2 \times L_{i,i+1} \ (m^3) \quad (7.1)$$

$$V_{Đắp}^{i,i+1} = (F_{Đắp}^{i} + F_{Đắp}^{i+1}) : 2 \times L_{i,i+1} \ (m^3) \quad (7.2)$$

Trong đó :

$V_{Đào}^{i,i+1}$ - khối lượng đất đào giữa hai mặt cắt i và i +1 (m^3);

$F_{Đào}^{i}$ - diện tích phần đào của mặt cắt ngang nền thứ i (m^2);

$F_{Đào}^{i+1}$ - diện tích phần đào mặt cắt ngang nền thứ i +1 (m^2);

$L_{i,i+1}$ - khoảng cách trên mặt bằng của hai mặt cắt nền thứ i và i+1 (m);

Tương tự đối với các ký hiệu khối lượng đắp, diện tích đắp của mặt cắt i và i+1.

Tính toán khối lượng đất đào, đắp nền đường, nếu tuyến dài thường người ta tính khối lượng cho từng km. Nếu tuyến ngắn thì không cần phân nhỏ mà tính luôn cho toàn tuyến. Trong các trường hợp đặc biệt do yêu cầu phân đợt xây dựng, ta tính toán khối lượng cho từng đoạn theo phân đợt xây dựng để tiện theo dõi, quản lý khối lượng xây lắp trong quá trình thi công. Khối lượng đất sau khi tính toán được tổng hợp thành bảng sau:

Bảng 7.1. Bảng tổng hợp tính khối lượng công tác đất nền đường

Tên cọc	KC (m)	F vét hữu cơ (m^2)	F đào (m^2)	F đắp (m^2)	F tb hữu cơ (m^2)	F tb đào (m^2)	F tb đắp (m^2)	V hữu cơ (m^3)	V đào (m^3)	V đắp (m^3)
A		5	15	2,5						
	25				4	16	1,25	100	400	31,25
B		3	17	0						
	25				2,5	16,5	2,5	62,5	412,5	62,5
C		2	16	5						
	25				2,5	16,5	4,5	62,5	412,5	112,5
D		3	17	4						

Kết quả tính toán khối lượng công tác đất đào, đắp, nạo vét bùn, đất màu... cho từng km đường và các yêu cầu kỹ thuật, và điều kiện thực tế của địa phương về cự ly vận chuyển đất, điều kiện khai thác đất đắp ở các mỏ đất, bãi thải đất thừa, bùn, rác... căn cứ vào đơn giá xây dựng của địa phương ta tính toán chi phí giá thành cho công tác xây dựng nền đường sát thực nhất cũng như lập kế hoạch trong thi công xây dựng công trình.

Đối với các khu nhà ở, khu công nghiệp tập trung, khi đầu tư xây dựng cơ sở kỹ thuật hạ tầng, công tác san lấp mặt bằng và nền đường có thể tiến hành cho toàn bộ mặt bằng hoặc thiết kế riêng phần đường giao thông với phần nền công trình. Tuỳ theo từng trường hợp cụ thể mà lập hồ sơ thiết kế và tính toán khối lượng công tác đất. Trong nhiều trường hợp người ta thiết kế đường nội bộ riêng hoặc tổ chức thiết kế san đắp toàn bộ mặt bằng khu vực. Trong trường hợp tổ chức san lấp toàn bộ mặt bằng đường, người ta tính tách khối lượng đất đắp nền đường và phần diện tích nền đường cần được xử lý nạo vét hết bùn, đất yếu trước khi san đắp tiếp. Phần nền đường dùng loại đất đắp có độ chặt đầm nén yêu cầu cần cao hơn nền công trình thông thường. Độ chặt yêu cầu đất nền đường khi đắp tuỳ thuộc vào cấp hạng đường, tải trọng và lưu lượng xe tham gia giao thông trên tuyến, tốc độ xe và chiều dày lớp kết cấu đường. Độ chặt yêu cầu đất đào, đắp nền ký hiệu K:

$$K = \gamma / \gamma_0 \qquad (7.3)$$

Trong đó:

γ - dung trọng khô của đất đắp nền được đầm nén tại hiện trường;

γ_0- dung trọng khô của đất nền tương ứng đầm nén tiêu chuẩn trong phòng thí nghiệm. Trong thiết kế đường, việc quy định độ chặt đầm nén đất đào, đắp nền đường là một yêu cầu bắt buộc. Độ chặt đầm nén thông qua trị số dung trọng khô của đất đắp nền là cơ sở kiểm tra nghiệm thu khối lượng công tác đất tại hiện trường. Độ chặt càng cao đòi hỏi công đầm nén đất càng lớn, đòi hỏi thiết bị và công nghệ thi công hiện đại và các biện pháp tổ chức đầm nén chặt chẽ mới đạt được độ chặt yêu cầu. Độ chặt càng cao chi phí đầm nén $1m^3$ đất đắp cao và độ ổn định của nền đường càng cao trong quá trình khai thác. Hệ số độ chặt K cho tầng lớp đất nền được quy định theo quy phạm cho tầng loại cấp đường. Độ chặt quy định của nền đường theo TCVN 4201 - 1995 quy định như bảng 7-2:

Bảng 7.2. Độ chặt quy định của nền đường

Loại công trình		Độ sâu tính từ đáy áo đường xuống (cm)	Độ chặt K	
			Đường ô tô có $V_{tt} \geq 40km/h$	Đường ô tô có $V_{tt} < 40km/h$
Nền đắp	Khi áo đường ≥ 60cm	30	≥ 0,98	≥ 0,95
	Khi áo đường < 60cm	50	≥ 0,98	≥ 0,95
	Bên dưới chiều sâu trên		≥ 0,95	≥ 0,90
Nền đào, không đào không đắp		30	≥ 0,98	≥ 0,95

7.2.3. Xây dựng đường cong tích luỹ và biểu đồ điều phối đất dọc tuyến đường

Trong thực tế thi công xây dựng nền đường, để xác định được phương án thi công điều phối đất hợp lý và kinh tế nhất, trong giai đoạn thiết kế thi công người ta xây dựng biểu đồ đường cong tích luỹ đất trên cơ sở khối lượng đất đào có thể sử dụng để đắp nền trên nội bộ tuyến. Tất nhiên việc quyết định sử dụng điều phối đất trên nội bộ tuyến đường có được thực hiện hay không phải cân nhắc ở điều kiện kinh tế và kỹ thuật đáp ứng với chi phí giá thành $1m^3$ đất đào, đắp nền là thấp nhất. Trong các trường hợp có thể khai thác đất để đắp nền hoặc thải đất thừa hợp lý hơn thì không sử dụng điều phối dọc tuyến mà chỉ áp dụng để phân chia lựa chọn các đoạn công tác trong tổ chức thi công của các phương án tổ chức xây lắp trên tuyến đường.

Xây dựng biểu đồ điều phối đất theo phương ngang và dọc tuyến đường có thể thực hiện như sau:

Từ bảng tính toán khối lượng đất cho các cọc trên tuyến như đã trình bày trên đây, ta lên biểu đồ đào, đắp cho khoảng cách giữa các cọc liền kề. Từ khối lượng đào, đắp giữa hai mặt cắt liền kề ta tính được khối lượng đất tự điều phối giữa hai mặt cắt đó bằng cách chuyển phần khối lượng đất đào sang phần đất đắp. Nếu giữa hai mặt cắt khối lượng đất đào nhiều thì sau khi điều phối nội bộ một phần đất sẽ thừa ra; ngược lại, nếu khối lượng đất đắp nhiều hơn khối lượng đất đào thì giữa hai mặt cắt đó khối lượng đất

sẽ thiếu. Nếu ta cộng đại số các trị số khối lượng đất đào, đắp sau khi đã tự điều phối nội bộ đã nói trên thì tại một điểm tính trên tuyến ta có được một trị số khối lượng đất được tích luỹ từ đầu tuyến đến điểm đó. Nếu ta coi khối lượng đất đào mang dấu (+); khối lượng đất đắp mang dấu (–) thì: tại điểm ở một vị trí nào trên tuyến khối lượng tích luỹ mang dấu (+) thể hiện đất thừa; mang dấu (–) thể hiện đất thiếu. Nếu xây dựng một hệ tọa độ Đề các có trục hoành là chiều dài tuyến, trục tung thể hiện khối lượng tích luỹ thì ta có các đường nối liên tục các trị số tích luỹ của khối lượng đất đào, đắp của các cọc liên tục chính là đường cong tích luỹ đất. Nhìn vào sự biến thiên của đường cong tích luỹ đất, ta biết được sự phân bố đất đào, đắp trong nội bộ tuyến đường. Khi xây dựng đường cong tích luỹ đất, người ta thấy nó có các tính chất sau :

- Đường cong tích luỹ đi lên thể hiện khối lượng đất đào nhiều, đất thừa.

- Đường cong tích luỹ đất đi xuống thể hiện đất đắp nhiều, đất thiếu.

- Vị trí cực trị trên đường cong tích luỹ đất thể hiện đất chuyển từ đắp sang đào hoặc từ đào sang đắp. Tại đó trên mặt cắt dọc tương ứng với điểm không đào, không đắp.

- Đường cong thoải biểu hiện khối lượng đất ít; đường cong dốc biểu thị khối lượng đất đào đắp tập trung.

- Đường cong tích luỹ cắt trục hoành tại hai điểm thì trong phạm vi của hai điểm đó trên bình đồ khối lượng đất đào, đắp cân bằng. Lợi dụng tính chất này của đường cong tích luỹ đất, trong tính toán điều phối đất người ta phân các đoạn điều phối và tính toán cự ly điều phối đất dọc tuyến và là cơ sở tính toán lựa chọn các máy thi công công tác đất trên cơ sở kết hợp điều kiện thực tế của mặt bằng thi công công trình.

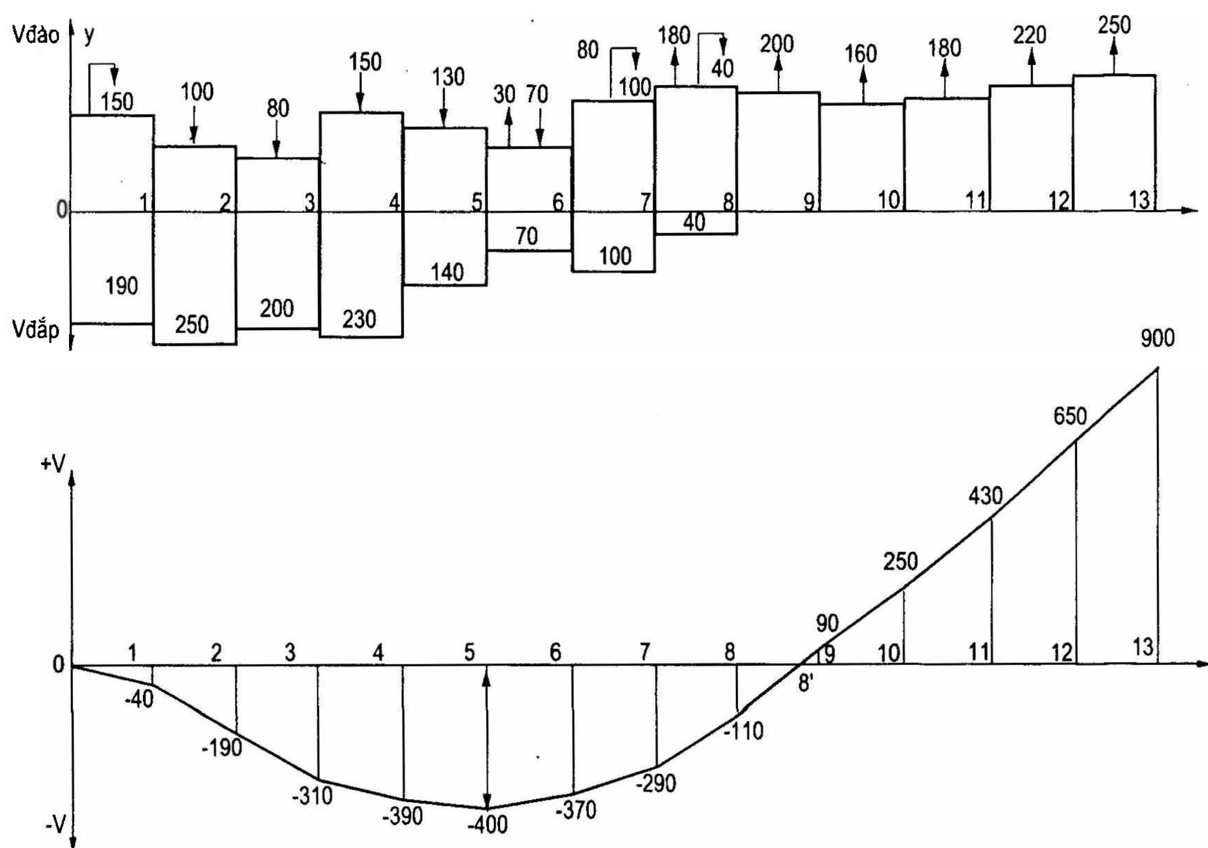
- Kết thúc của đường cong tích luỹ đất nằm phía trên trục hoành thể hiện khối lượng đất thừa; trường hợp đường cong tích luỹ nằm phía dưới trục hoành thể hiện khối lượng đất thiếu. Trong cả hai trường hợp này việc xác định cự ly vận chuyển đất phải căn cứ vào điều tra khảo sát thực địa và có thoả thuận với ban quản lý dự án về nguồn cung cấp đất đắp cũng như nơi đổ đất thừa.

Ví dụ minh hoạ về lập biểu đồ điều phối đất ngang và đường cong tích luỹ đất dọc tuyến đường cho một tuyến đường có khối lượng đất tính toán theo phương pháp mặt cắt với số liệu được thể hiện trên biểu đồ ngang cho từng đoạn trên mặt bằng:

- Từ các trị số khối lượng đào, đắp phân bố trên phương ngang, ta tiến hành tính toán lập đường cong tích luỹ đất dọc tuyến. Các trị số tính toán là tổng đại số khối lượng đất đào, đắp tích luỹ tại điểm tính.

- Với đường cong tích luỹ đất trên, khối lượng đất trên tuyến đoạn từ cọc 0 đến cọc 8' khối lượng đất đào đắp cân bằng. Đoạn từ cọc 8' đến cọc 13 đất thừa. Phần đất thừa vận chuyển khỏi tuyến đường với cự ly điều phối tuỳ thuộc vào điều kiện thi công cụ thể. Đất thừa có thể dùng san đắp nền công trình khác hoặc đổ bỏ vào bãi thải đất do chủ

đầu tư quy định. Với cự ly vận chuyển đất thừa và điều kiện mặt bằng cụ thể ta sẽ quyết định phương án thi công công tác đất; nội dung này sẽ được trình bày ở giáo trình thi công và tổ chức thi công.



Hình 7.2: Biểu đồ phân bố khối lượng đất theo phương ngang đường và đường cong tích luỹ đất dọc tuyến.

- Đối với đoạn nền đường có khối lượng đất cân bằng (đoạn cọc 0 đến cọc 8') việc tính toán cự ly vận chuyển đất trung bình dọc tuyến dựa vào tung độ V_{max} trên đường cong tích luỹ và diện tích hình khép kín hợp bởi trục điều phối và đường cong tích luỹ 08'.

Diện tích hạn chế bởi đường cong tích luỹ và đường phân phối 08' được tính bằng :

$$F_{08} = \int_0^{8'} V dl \ (m^4) \tag{7.4}$$

(V là tung độ kẹp giữa đường cong tính luỹ và đường điều phối 08'). Vậy phần diện tích $F_{08'}$ đó chính là biểu thị công vận chuyển dọc trong phạm vi đoạn 08' và cự ly vận chuyển dọc trung bình trong đoạn 08' sẽ tính bằng :

$$L_{TB} = \frac{F_{08'}}{V_{08'}} \ (m)$$

Để xác định L_{TB} trên thực tế người ta thường dùng cách giải tích hình học. Tính diện tích đường cong tích luỹ bằng tổng diện tích các hình tam giác, hình thang đơn vị giữa các mặt cắt. Tung độ V là tung độ V_{max} hợp bởi đường cong tích luỹ và trục điều phối đất. Khi đó cự ly vận chuyển đất trung bình được tính :

$$L_{TB} = \frac{\sum F}{V_{max}} \text{ (m)} \tag{7.5}$$

Trong đó:

$\sum F$ - diện tích giới hạn bởi trục điều phối x và đường cong tích lũy đoạn 0-8';

V_{max} - tung độ lớn nhất giữa đường cong tích lũy và trục điều phối x.

Xác định cự ly vận chuyển đất trung bình làm cơ sở cho việc lựa chọn loại máy thi công đất hợp lý nhất trên đoạn đường đó. Đối với máy thi công $L_{TB} \sim L_{KT}$ (cự ly kinh tế máy thi công).

Đối với phần đất điều phối ngang, cự ly vận chuyển đất được xác định là khoảng cách tính từ trọng tâm vùng khối đất đào đến trọng tâm vùng nền khối đất đắp. Thực tế xác định cự ly này trên cơ sở mặt cắt ngang các cọc trên tuyến. Ý nghĩa việc xác định cự ly vận chuyển đất trong thực tế rất quan trọng cho việc lựa chọn máy móc phương tiện thi công và tính toán chi phí giá thành công tác đầu tư xây dựng. Các nội dung chi tiết liên quan đến tính toán kinh tế xây dựng, phương án thi công sẽ trình bày ở các giáo trình kinh tế xây dựng và thi công ngành.

Chương 8

THIẾT KẾ CÁC LOẠI ĐƯỜNG ĐẶC BIỆT

8.1. ĐƯỜNG XE ĐIỆN

8.1.1. Mở đầu

Xe điện là loại giao thông công cộng được sử dụng rộng rãi trong các đô thị có khối lượng vận chuyển rất lớn, giá thành vận chuyển rẻ. Nhưng các đường phố cũ quá hẹp, trên đó lại có đường xe điện, cho nên cản trở giao thông mặt khác xe điện có một số nhược điểm khó khắc phục như: khi xe chạy tiếng ồn quá lớn, chỗ tiếp xúc tiếp giáp giữa đường ray xe điện và mặt đường dễ bị phá hoại làm mất vệ sinh trên đường phố, nên có quan điểm cho rằng hiện nay xe điện bố trí ở khu vực nội thành là không phù hợp nữa cần bỏ đi hoặc cần chuyển xe điện ra ngoại ô đô thị. Nhưng cũng có quan điểm cho rằng: xe điện trước mắt vẫn giữa nguyên ưu điểm và giá trị sử dụng của nó, đường xe điện đã xây dựng ở nơi nội thành thì cứ thế mà sử dụng. Theo số liệu thống kê trong những đô thị vừa có xe điện vừa có xe buýt phục vụ, khối lượng vận chuyển của xe điện chiếm 71%.

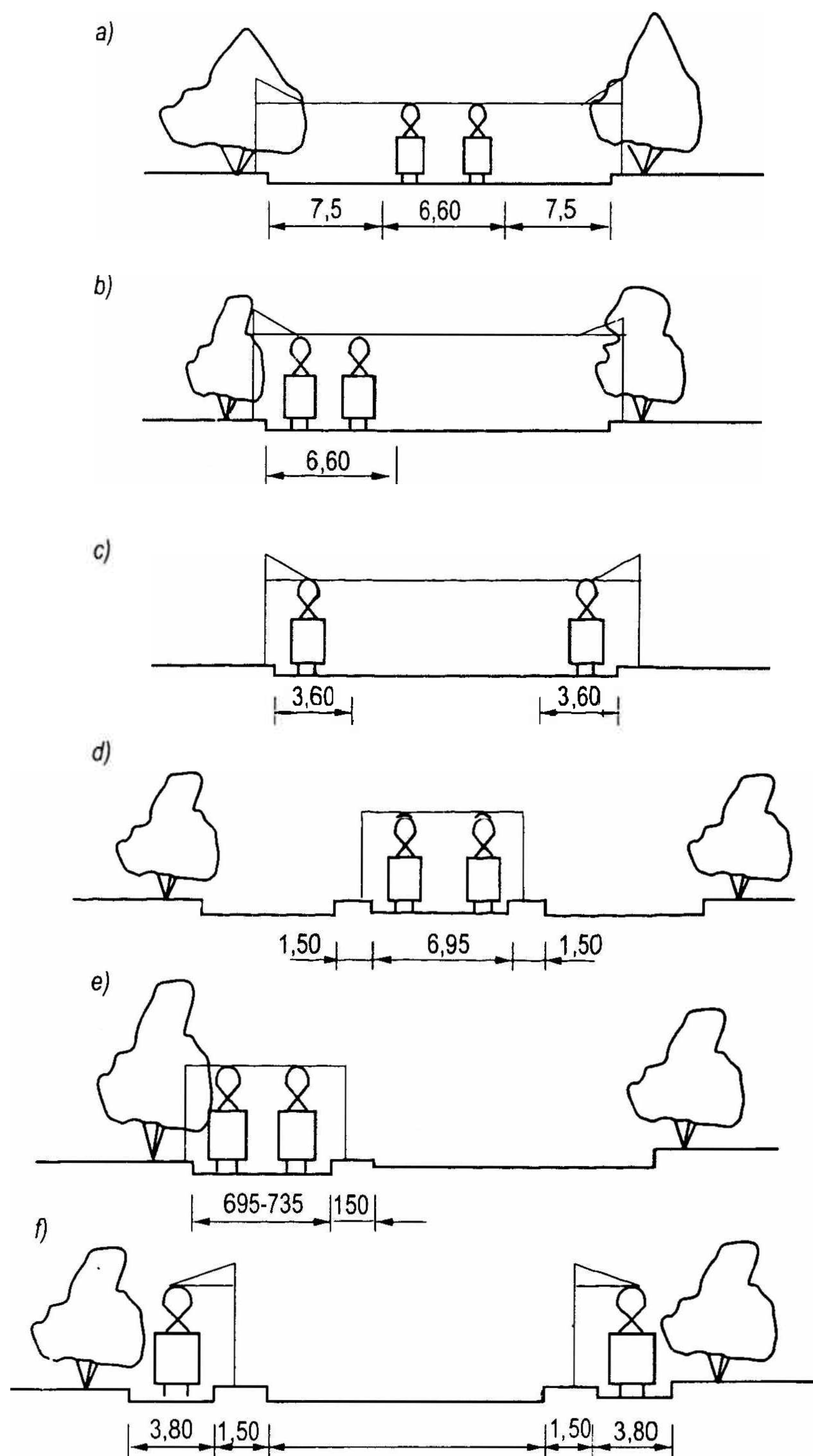
Ở nước ta, xe điện được xây dựng từ lâu tại Hà Nội, loại đường khổ hẹp 1m; có 5 tuyến xe điện đều xuất phát từ Bờ Hồ vươn ra vùng ngoại ô. Song xe điện đều xây dựng trên các đường phố hẹp có lưu lượng giao thông lớn, số lượng xe điện vừa ít lại vừa cũ không đảm bảo phục vụ khối lượng hành khách đi lại, cho nên đường xe điện trên các tuyến đó đã được bóc ray bỏ đi và thay vào đó là xe điện bánh hơi trong một thời gian. Ngày nay trên thế giới thiết kế đường xe điện khổ đường rộng 1524mm (khoảng cách giữa tim hai đường ray).

8.1.2. Bố trí đường xe điện trên mặt cắt ngang đường phố

Đường xe điện bố trí trên mặt cắt ngang đường phố theo hai hình thức sau:

- Bố trí đường xe điện chạy chung với phần đường của xe ô tô.
- Bố trí đường xe điện trên nền đường riêng.

Tuy vậy với mỗi hình thức trên còn bố trí kiểu khác nhau (xem hình 8.1)



Hình 8.1: *Sơ đồ bố trí đường xe điện trên mặt cắt ngang đường phố.*
a, b, c) Đường xe điện được bố trí chung với phần đường xe chạy (sơ đồ a và c thường được sử dụng còn sơ đồ b ít sử dụng vì không an toàn giao thông);
d, e, f) Đường xe điện được bố trí trên nền đường riêng. Ba sơ đồ này đều có khả năng thực hiện.

Chiều rộng đường xe điện trên mặt cắt ngang đường phố được lấy theo bảng dưới đây:

Bảng 8.1. Chiều rộng đường xe điện

Kiểu bố trí đường xe điện	Chiều rộng (m)	Khoảng cách hai tim đường (m)
I- Bố trí chung với đường xe chạy		
- Cột dây điện ở ngoài	6,60	3,20
- Cột dây điện ở giữa hai đường	6,95	3,55
- Đường đơn (cột điện ở ngoài)	3,60	-
II- Bố trí nền đường riêng		
- Cột dây điện ở ngoài	7,00	3,20
- Cột dây điện ở giữa hai đường	7,35	3,90
- Đường đơn (cột điện ở ngoài)	3,80	-

Ngoài ra, để đảm bảo cho chạy và bộ hành đi lại trên đường, khoảng cách từ thành xe điện đến các vật kiến trúc xây dựng cạnh đường xe điện được quy định như sau:

- Khoảng cách hai thành xe điện tối thiểu là 60cm.

- Khoảng cách giữa đường xe điện và các loại xe điện có động cơ khác (tính từ thành xe) là 40cm.

- Khoảng cách giữa thành xe điện với cây xanh là 80cm.

- Khoảng cách giữa thành xe điện và cột dây điện ở giữa là 30cm.

- Khoảng cách từ thành xe điện và mép đường đi lại là 60cm

8.1.3. Bố trí trạm đỗ xe

Vị trí trạm đỗ xe phải bố trí ở nơi có đông hành khách lên xuống, thường vị trí trạm đỗ là ngả giao nhau, cạnh nhà ga, bến xe, cạnh các công trình lớn như rạp hát, bách hoá tổng hợp, sân vận động, triển lãm, các cơ quan nghiên cứu hoặc trường học v.v.... Khoảng cách giữa hai trạm đỗ lấy khoảng 400-800m đối với nội thành, khoảng 500-1200m đối với ngoại ô.

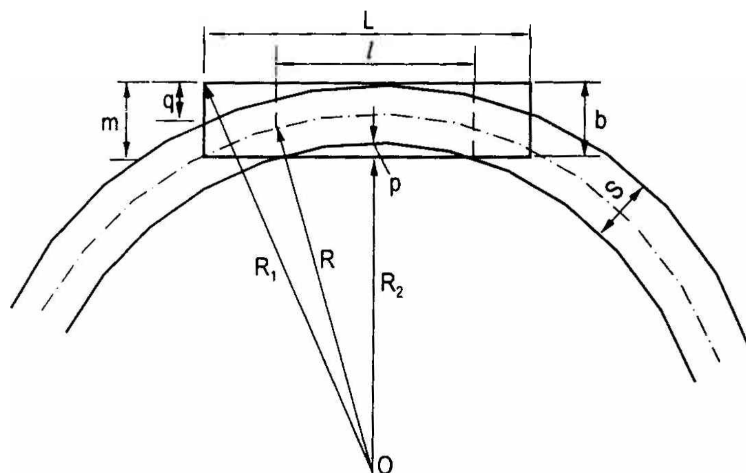
Trạm đỗ xe cần bố trí ở những nơi đường thẳng, bằng phẳng, không có độ dốc dọc. Chiều dài trạm đỗ xe gấp từ 2-3 lần chiều dài đoạn cột điện. Chiều rộng trạm đỗ xe lên lấy khoảng 1,5m và chú ý trồng cây bóng mát.

8.1.4. Thiết kế mặt bằng đường xe điện

Có thể nói rằng nếu đã đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật khi thiết kế đường phố thì cũng đảm bảo chỉ tiêu thiết kế đường xe điện. Tuy vậy, đối với thiết kế đường xe điện cũng có yêu cầu khác cần chú ý. Đối với đường xe điện, tuyến đường càng ít đường cong càng tốt và bán kính đường cong nên lấy lớn ($R \geq 200m$), bởi vì, nếu bán kính đường cong

nhỏ, khi xe điện chạy lực ma sát giữa bánh xe và đường ray rất lớn, có thể gấp 2-3 lần lực ma sát ở những đoạn đường thẳng, lực ma sát lớn, chẳng những ảnh hưởng đến tốc độ xe chạy mà còn dễ bào mòn đường ray và bánh xe.

Khi xe điện chạy trên đường cong, đầu xe sẽ nhô về phía ngoài đường cong, bộ phận giữa xe sẽ lùi vào phía trong đường cong, đuôi xe điện cũng nhô ra phía ngoài đường cong.



Hình 8.2: *Sơ đồ xe điện chạy trên đường cong nhỏ.*

R- bán kính đường cong chính.

R_1- bán kính đường cong đầu xe nhô ra dài nhất.

R_2- bán kính đường cong bộ phận lùi vào.

S- chiều rộng đường ray.

M- chiều rộng đầu xe.

L- chiều dài toa xe.

l- khoảng cách bánh xe trước và bánh xe sau của toa xe.

b- chiều rộng toa xe.

q- đoạn đầu xe điện nhô ra khỏi đường ray.

p- đoạn toa xe lùi vào phía trong đường cong.

Căn cứ vào hình vẽ ta có:

$$q = R_1 - \left(R + \frac{S}{2}\right)$$

$$p = R - \left(R_2 + \frac{S}{2}\right)$$

và: $$R_1^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left[R_2 + \frac{1}{2}(b+m)\right]^2$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{L^2}{4} + \left[R_2 + \frac{1}{2}(b+m)\right]^2}$$

Và có:

$$\left(R_2 + \frac{b}{2}\right)^2 = R^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

$$R_2 = \sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} - \frac{b}{2}$$

Nếu gọi a là tổng chiều dài của đoạn nhô ra và lùi vào ở 2 bên đường ray trên đoạn đường cong ta có:

$$a = q + p = R_1 - R_2 - S$$

Như vậy tại những chỗ đường cong thiết kế bán kính nhỏ thì hai bên đường ray phải chú ý đến khoảng cách an toàn lớn hơn.

Tại những đoạn đường cong thiết kế bán kính nhỏ cần bố trí siêu cao. Độ dốc siêu cao được tính theo công thức:

$$i_{SC} = 12,5\frac{V^2}{R}$$

8.1.5. Thiết kế độ dốc dọc và độ dốc ngang

Nói chung đường xe điện thiết kế trên đường phố nào thì lấy theo độ dốc dọc của đường phố ấy. Độ dốc dọc trên đường xe điện không được vượt quá 6%. Tại những đoạn thiết kế đường cong nằm độ dốc dọc phải giảm đi một trị số bằng:

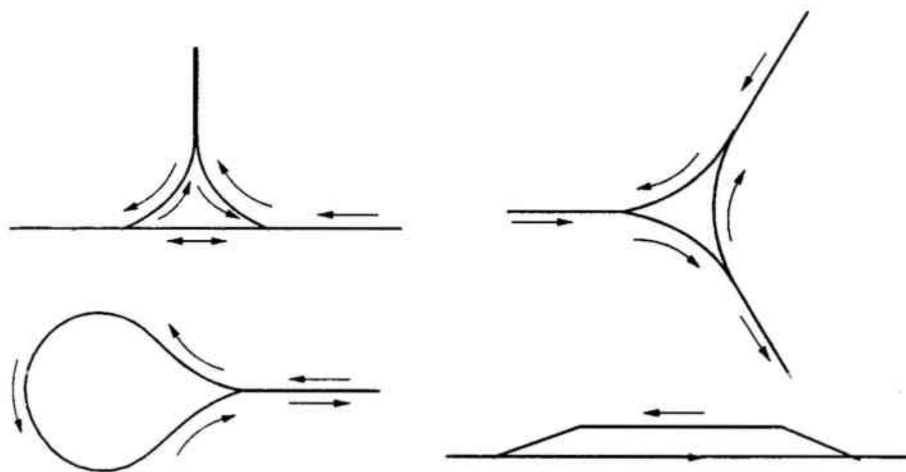
$$\Delta i = \frac{1}{2R}, \text{ R tính bằng (m)}$$

Nếu góc chuyển hướng giữa hai độ dốc dọc ω ≥ 15‰ phải thiết kế đường cong đứng. Bán kính đường cong đứng lấy khoảng 350-2000 m. Khoảng cách giữa hai điểm chuyển hướng độ dốc dọc (chiều dài đường cong đứng) không lấy nhỏ hơn 20m. Độ dốc ngang đường xe điện không lớn hơn 2%.

8.1.6. Điểm giao nhau và điểm cuối đường xe điện

Ở những chỗ giao nhau của đường xe điện (thường là tách và nhập) cần phải bố trí thêm bộ phận ghi để tách hoặc nhập đường ray. Bộ phận ghi này có thể tự động, có thể do người điều khiển.

Các điểm giao nhau, điểm tránh nhau và trạm cuối cùng của đường xe điện thường được bố trí theo hình vẽ 8.3 dưới đây:



Hình 8.3: Sơ đồ hình thức giao nhau, tránh nhau và trạm cuối quay đầu.

8.1.7. Kết cấu đường xe điện

Kết cấu đường xe điện gồm 3 bộ phận chủ yếu là:

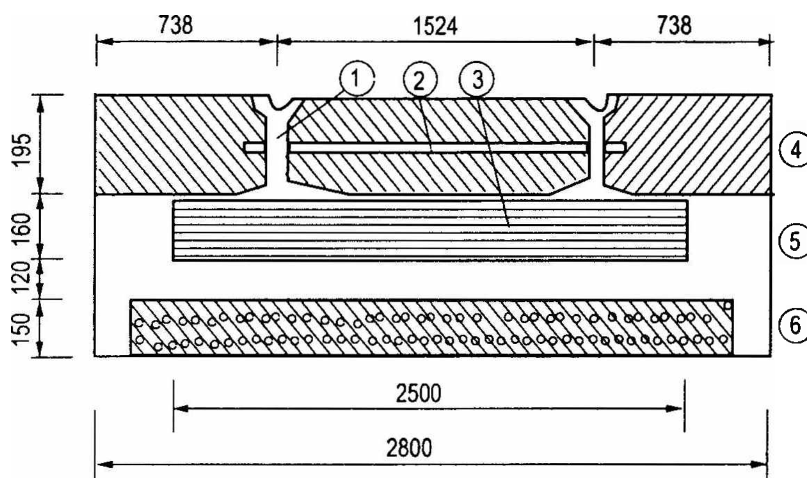
- Nền đường bằng đất. Các yêu cầu kỹ thuật giống như kết cấu nền đường phố.

- Tầng chịu nhiệt, tầng này được xây dựng bằng những lớp vật liệu khác nhau có cường độ cao. Thông thường là cát, đá dăm, đá hộc, bê tông xi măng mác thấp. Phần trên mặt làm bằng vật liệu xây dựng mặt đường như bê tông nhựa, bê tông xi măng (đối với nền đường xây dựng riêng, không cần làm lớp mặt này).

- Bộ phận kết cấu bên trên gồm: tà vẹt, đường ray, thanh giằng, ốc vít v.v...

Tà vẹt có thể làm bằng sắt, gỗ hay bê tông cốt thép. Còn đường ray làm bằng sắt. Đường ray có hai loại: có rãnh và không có rãnh.

Kết cấu đường xe điện xem hình 8.4:



***Hình 8.4:** Sơ đồ kết cấu đường xe điện*

1. Ray; 2. Thanh giằng; 3. Gỗ tà vẹt; 4. Lớp mặt đường; 5. Đá dăm; 6. Bê tông mác thấp.

8.2. ĐƯỜNG VEN SÔNG, VEN HỒ

Đường ven sông, ven hồ ngoài tính chất phục vụ giao thông vận tải ra, còn là đường dạo mát nghỉ ngơi, khí hậu thoải mái, phong cảnh đẹp thơ mộng.

Về địa hình: đường ven sông ven hồ chỉ xây dựng được một bên, còn một bên bị mặt nước hạn chế, chất đất phức tạp, hiện tượng đất yếu, hay sụt lở.

Điều đặc biệt chú ý khi chọn tuyến là phải chú ý đến địa chất và địa thuỷ văn, mực nước lũ lụt. Vì một phía là nước, khi xác định cốt xây dựng mặt đường, cần chú ý đến hiện tượng sóng.

Chiều cao của sóng được tính theo công thức:

$$h_l = 3{,}2khtg\alpha. \text{ (m)}$$

h_l- chiều cao sóng tính từ mặt nước nằm yên đến đỉnh sóng. (m);

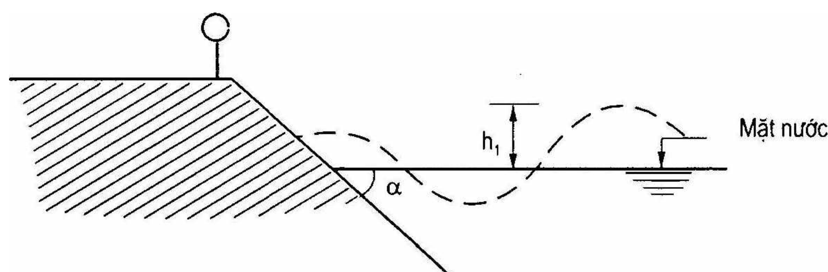
k- hệ số nhám của taluy nền đường (k = 0,77 ÷ 1);

h- chiều cao sóng (m), tính theo cấp sóng quy định (h lấy theo bảng 8.2).

α- góc tạo bởi mái dốc nền đường và mặt nước nằm ngang (xem hình 8.5), α là góc nhọn.

Bảng 8.2. Chiều cao sóng theo cấp sóng quy định

Cấp sóng	h (m)	Đặc trưng sóng
0	0	Không có sóng.
1	0,05	Sóng yếu
2	0,25-1,25	Sóng vừa
3	0,75-1,25	Sóng khá lớn
4	1,25-2,00	-nt-
5	2,00-3,50	Sóng lớn
6	3,50-6,00	-nt-
7	6,00-8,00	Sóng rất lớn
8	8,50-11,00	-nt-
9	> 11,00	Sóng lớn khác thường



***Hình 8.5:** Sơ đồ đỉnh sóng và góc α*

Khi thiết kế mặt cắt ngang đường ven sông ven hồ, nếu đường ven sông thì phía sông có thể đắp con trạch để giảm bớt khối lượng đắp. Nếu là đường ven hồ thì phía gần mặt nước có thể thiết kế trồng nhiều cây bóng mát, bồn hoa hoặc thảm cỏ rộng, để làm chỗ dạo mát và nghỉ ngơi. Nếu có chiều sóng vỗ cào đường thì mái đường phía nước phải xây kè hoặc tấm bê tông để chống sói mòn làm mất ổn định nền đường. Những cống thoát nước qua đường, cần chọn vị trí cống cho thoả đáng, tránh xả nước bừa bãi làm mất vệ sinh mặt nước.

8.3. ĐƯỜNG Ở CÁC ĐÔ THỊ Ở VÙNG ĐỒI NÚI

8.3.1. Nguyên tắc chọn tuyến

Khi chọn tuyến phải kết hợp chặt chẽ giữa lợi dụng địa hình và cải tạo địa hình; tuyến đường nên đi theo đường đồng mức có cốt thiên nhiên thấp hơn khu đất xây dựng công trình. Tuyến đường nên chọn ở sườn đồi, sườn núi tương đối bằng phẳng, khô ráo, địa chất ổn định.

Khi vạch tuyến phải nêu ra nhiều phương án để so sánh, xác định chính xác và hợp lý cốt khống chế trên đường, kết hợp giữa chọn tuyến trên bình đồ và khảo sát kiểm tra ngoài thực tế, nhằm tìm ra phương án hợp lý nhất.

Để giảm khối lượng đào đắp, có thể thiết kế nhiều đường cong, thậm chí thiết kế cả đường cong con rắn, hoặc kéo dài tuyến để khắc phục độ dốc dọc quá lớn.

Có thể thiết kế mặt cắt ngang cùng một độ cao, làm thêm kè, tường chắn hoặc những đoạn đường hầm nếu thấy phương án ấy hợp lý và kinh tế.

Cuối cùng là phải chú ý đến những nơi đặt cống để thoát nước mưa và nước sinh hoạt.

8.3.2. Một số biện pháp khắc phục độ dốc dọc quá lớn

Vì ở vùng đồi, vùng núi độ dốc thiên nhiên quá lớn, khi chọn tuyến cần nghĩ đến các biện pháp khắc phục độ dốc dọc.

- Khắc phục độ dốc dọc bằng cách kéo dài tuyến đường.

Có nghĩa là ở vùng đồi núi, ít khi nối trực tiếp 2 điểm bằng một đường thẳng vì như vậy độ dốc dọc tuyến đường quá lớn, vượt tiêu chuẩn đối với cấp đường ấy, nên phải khắc phục bằng cách kéo dài chiều dài tuyến đường ra tức là phải thiết kế các đường cong nằm.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

i- độ dốc dọc của đường;

Δh- độ chênh cao giữa điểm đầu và điểm cuối của tuyến đường (m);

L- chiều dài tuyến đường (m).

Qua công thức này, rõ ràng muốn i nhỏ thì phải tăng L lên, còn Δh là số cố định.

- Thiết kế đường cong con rắn (xem mục 4.2.3 chương 4):

Hai đường cong phụ có bán kính đều bằng R (vì đường cong con rắn đối xứng). Sau khi thiết kế đường cong con rắn tuyến đường sẽ đi là ABCDEF, trong đó AB và EF là hai đoạn đường cong phụ, CD là đường cong chính còn BC và DE là hai đoạn thẳng chêm vào giữa đường cong chính và phụ.

Các yếu tố của đường cong con rắn được tính như sau:

Tiếp tuyến phụ:

$$T_{p1} = R_1.tg\frac{\beta_1}{2} \text{ và } T_{p2} = R_2.tg\frac{\beta_2}{2}$$

Chiều dài của đường cong phụ là:

$$K_{p1} = \frac{\pi.R_1.\beta_1}{180} \text{ và } K_{p2} = \frac{\pi.R_2.\beta_2}{180}$$

Chiều dài đường cong chính là:

$$K_0 = \frac{\pi.R_0.\gamma}{180} = \frac{\pi R_0(180 + \beta_1 + \beta_2 - \alpha)}{180}$$

(Nếu là đường cong con rắn đối xứng thì $T_{p1} = T_{p2}$ và $K_{p1} = K_{p2}$)

Chiều dài đường cong con rắn ABCDEF là:

$$L = \frac{\pi.R_1.\beta_1}{180} + \frac{\pi.R_2.\beta_2}{180} + \frac{\pi.R_0(180 + \beta_1 + \beta_2 - \alpha)}{180} + m_1 + m_2$$

$$= \frac{\pi}{180}\left[R_1\beta_1 + R_2\beta_2 + R_0(180 + \beta_1 + \beta_2 - \alpha)\right] + m_1 + m_2$$

Trong công thức trên: α, β do đo đạc mà có. Còn R, R_0, R_1, R_2, m_1, m_2 thì căn cứ vào địa hình thực tế mà xác định.

8.4. ĐƯỜNG TRONG KHU NHÀ Ở

8.4.1. Nhiệm vụ của đường trong khu nhà ở

Đường trong khu nhà ở có nhiệm vụ liên hệ trong nội bộ khu nhà ở và dẫn đến các công trình công cộng phúc lợi của khu nhà ở như: trường học, cửa hàng, các công trình văn hoá thể thao và phục vụ sinh hoạt đời sống. Đồng thời đường trong khu nhà ở cũng đảm nhiệm cho chuyên chở hàng hoá, dụng cụ cho các nhà, cũng như phục vụ cho xe vào lấy phân rác, xe cứu hoả v.v...

Từ nhiệm vụ trên, về nguyên tắc đường trong khu nhà ở là phải thiết kế phục vụ đến mỗi ngôi nhà. Mặt khác cũng phải hạn chế, không thiết kế các tuyến đường xe vận tải thành phố đỗ vào đúng khu nhà ở.

8.4.2. Mạng lưới đường trong khu nhà ở

Đường trong khu nhà ở bao gồm đường ôtô và đường đi bộ. Đường trong khu nhà ở phải đạt được một số những yêu cầu sau:

- Đường ôtô có thể phục vụ từng nhà để tiện việc chuyên chở hàng hoá dụng cụ và các yêu cầu khác.

- Đường trong khu nhà ở không thiết kế một tuyến thẳng nối vào hai đường phố chính, chia khu nhà ở thành hai khu vực nhỏ, vì thiết kế tuyến đường thẳng như vậy, các xe không phục vụ khu nhà ở cũng sẵn sàng đi qua.

- Các đường trong khu nhà ở không nối với mạng lưới đường phố ở các ngã giao nhau.

- Nếu đường trong khu nhà ở chỉ thiết kế một làn xe, thì cứ cách 100m nên tổ chức một đoạn tránh xe. Đối với đường cụt, cuối đường nên bố trí điểm quay xe.

Một số mạng đường trong khu nhà ở như: mạng đường hỗn hợp vừa có đường vòng, xuyên vừa có đường nhánh cụt; mạng lưới đường vòng, từ đường này có các đường nhánh đường cụt đi vào các nhóm nhà; mạng lưới đường răng lược và mạng lưới đường cành cây. Ngày nay người ta thường sử dụng mạng lưới đường hỗn hợp để thiết kế đường trong khu nhà ở, vừa đảm bảo được yêu cầu sử dụng, kết hợp tốt được địa hình và mạng lưới có phần thanh thoát duyên dáng hơn.

Về đường trong khu nhà ở có thể phân như sau:

- Đường phố bao quanh khu nhà ở. Đây là loại đường cấp đô thị, do quy hoạch chung mạng lưới giao thông đô thị quyết định. Những đường này cũng là giới hạn đất đai của khu nhà ở. Mặt cắt ngang do quy hoạch chung đô thị xác định.

- Đường chính trong khu nhà ở là đường nối các tiểu khu nhà ở với nhau, bảo đảm khâu liên hệ chính giữa các khu vực chức năng của khu nhà. Loại đường này có thiết kế hoàn chỉnh như mặt cắt ngang đường phố nhưng kích thước nhỏ hơn. Đối với đường này nên thiết kế ≥ 2 làn xe, có vỉa hè rộng ≥ 3m cho người đi bộ và có dải cây xanh hai bên đường. Đây cũng là đường bố trí các công trình kỹ thuật của khu nhà ở. Những đoạn đường qua trung tâm thương nghiệp dịch vụ và hành chính của khu nhà ở, có thể thiết kế đường đôi, hoặc bãi đỗ xe cạnh đường.

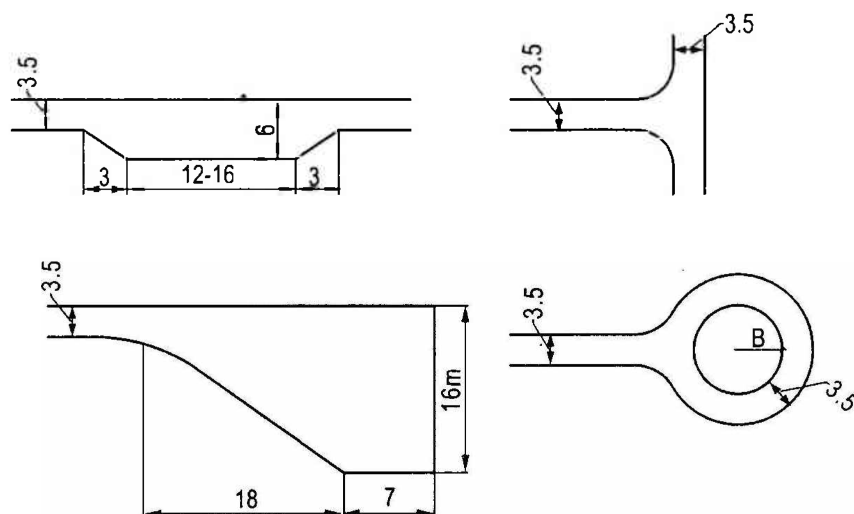
- Các đường nhánh nối từ đường chính trên các nhóm nhà, các công trình độc lập và nhà ở. Những đường này xe cộ đi lại ít, mặt cắt ngang đường có thể không thiết kế vỉa hè và phần đường xe chạy có thể thiết kế 1 làn xe, chiều rộng 1 làn xe lấy rộng hơn chiều rộng của đường 2 làn xe, để khi xe chạy, xe đạp vẫn đi lại bình thường được. Song hai bên sân vườn phải thiết kế cây xanh bóng mát.

- Đường đi bộ nối từ nhà ở ra các đường trên.

Đường này hai bên sẽ trồng cây bụi, đường rộng tối thiểu là 1,5m.

8.4.4. Hình dáng và kích thước chỗ tránh xe dọc đường và quay ở cuối đường cụt

Những tuyến đường trong khu nhà ở chỉ thiết kế có 1 làn xe. Còn các đường cụt, cuối đường phải thiết kế chỗ quay xe. Kích thước hình dáng của chúng xem hình vẽ dưới.



Hình 8.6: *Sơ đồ chỗ quay xe*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Nguyễn Quang Chiêu, Đỗ Bá Chương, Dương Học Hải, Nguyễn Xuân Trục (chủ biên). *Thiết kế đường đô thị - Tập 2*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1990.
2. Nguyễn Tất Dậu. *Thiết kế đường đô thị*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 1991.
3. Đại học Đồng Tế ,Vũ Đình Phụng, Nguyễn Khải dịch. *Quy hoạch đầu mối giao thông đô thị*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 1997.
4. Đỗ Bá Chương. *Thiết kế đường ô tô*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1996.
5. Đề tài KHCN 10.02. *Chiến lược phát triển và các giải pháp hiện đại hoá trong giao thông đô thị ở các thành phố lớn Việt Nam*. 1999.
6. Experco International. Trường Đại học Giao thông vận tải Hà Nội. *Bài giảng về nghiên cứu tác động môi trường của các dự án kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ và đường sắt*. Hà Nội, 2000.
7. Feyyaz Lê Phục Quốc dịch. *Sổ tay quy hoạch giao thông đô thị*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 1995.
8. Doãn Hoa. *Thiết kế đường ô tô - Tập 2: đường đô thị*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2000.
9. Nguyễn Khải. *Quy hoạch giao thông đối ngoại đô thị - Tập 2*. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. Hà Nội, 1996.
10. Nguyễn Khải. *Đường và giao thông đô thị*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội, 2001.
11. Nguyễn Khải. *Thiết kế đường đô thị - Tập 1*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp. Hà Nội, 1982.
12. Nguyễn Khải. *Thiết kế đường đô thị - Tập 2*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp. Hà Nội, 1986.
13. *Quy chuẩn xây dựng Việt Nam tập 1*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 1997.
14. *Tiêu chuẩn kỹ thuật công trình giao thông tập IV*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội, 2000.

15. *Tiêu chuẩn ngành 20 TCN-104-83 - Tiêu chuẩn thiết kế đường và quảng trường đô thị*. Nhà xuất bản Xây Dựng. Hà Nội, 2000.

16. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4054:1998 - Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2000.

17. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5729:1997 - Tiêu chuẩn thiết kế đường cao tốc*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2000.

18. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4449:1987 - Quy hoạch xây dựng đô thị - Tiêu chuẩn thiết kế*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2000.

19. Nguyễn Xuân Trục. *Quy hoạch giao thông vận tải và thiết kế đường đô thị*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1997.

20. Nguyễn Xuân Trục, Dương Học Hải, Vũ Đình Phụng. *Sổ tay thiết kế đường ô tô*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 2001.

21. Vũ Thị Vinh, Phạm Hữu Đức, Nguyễn Văn Thịnh. *Quy hoạch mạng lưới giao thông đô thị*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2001.

Tiếng nước ngoài

22. Babkov V. F. *Road Condition and Traffic Safety*. Mir Publishers. Moscow, 1975.

23. Charles W.... *Time-saver Standards For Landscape Architecture*. McGraw-Hill. Inc, 1994.

24. Institution of Highway and Transportation with the Department ofTransport. *Roads and Traffic in Urban Area*. Crown Copyright 1987 Fist Published. 1987.

25. Peter Hall . *Urban &Planning*. Rotledge. London and New york. 1994.

26. Ruediger Lamm. Basil Psarianos. Theodor Mailaender. *Highway Design and Traffic Safety. Engineering Handbook*. McGraw - HILL, 1999.

27. Л. Е. Бирюков.*Основы планировки и благоустройства насенных мест и промышленных територий*. Москова "Выщая шокола", 1978.

28. Ф. Богацкий. *Героские улицы и городское движение*. Издателстово "Будывельик" Киев - 1967.301 СТР, 1967.

29. Е.Е. Гибшман. И.С. Аксельрод. М.Е. Гибшман. *Мосты и сооружения на автомобиных дорогах. Москова* "Транспорт" 1973.

30. А. Гутнов. В. Глазыцев. *Мир архитектуры*. Москова 1990 Г. 350 СТР.

31. Е. Н. Дубровин. Ю. С. Ланцберг. *Изыкания и проектирование городский дорог*. Издателстово " Транспорт " 1981 Г - 470 СТР. Москова "Выщая шокола" 1997.

332. Е. Н. Дубровин. Ю.С. Ланцберг. .... *Пересечения и разных уровнях на городских магистралах.* Москова "Выщая шокола" 1997.

333. Л. Джифарова. *Техническа инфрастрктура в териториалного и селишного устройство.* Дыжавно Издателстово "Техника" София 1987.174СТР.

334. Е. А. Меркунов. *Городские дороги.* Москова "Выщая шокола" 1973.

335. Е. А. Меркунов. Э. Я. Турчихин. ... *проектирование дорог и сетей пассажирского Транспорта.* Москова "Стройиздат" 1980.

336. Е. А. Страментов. М. С. Фишельсон. *Городское движение.* Издателстово Литературы по. Строительстово Москова 1965.

337. Е. А. Страментов. Д. Р. Страментов. *Городской транспорт.* Москова "Стройиздат". 1969. 423 СТР.

338. Фишельсон. *Городские пути сообщения.* Издателстово "Выщая шокола" Москова 1967. 363 СТР.

MỤC LỤC